

***Mulchsaatverfahren zur Reduzierung des  
Blattlausbefalls und ihr Einfluss auf das Mikroklima  
in ackerbaulichen Kulturen***

Von der Fakultät für Lebenswissenschaften  
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina  
zu Braunschweig  
zur Erlangung des Grades einer  
Doktorin der Naturwissenschaften  
(Dr.rer.nat.)  
genehmigte  
D i s s e r t a t i o n

**von Christa Eggers  
aus Hilden**

<b>1. Referent:</b>	<b>Prof. Dr. Otto Larink</b>
<b>2. Referent:</b>	<b>Prof. Dr. Miguel Vences</b>
<b>eingereicht am:</b>	<b>01.10.2008</b>
<b>mündliche Prüfung (Disputation) am: 19.12.2008</b>	

**Druckjahr 2009**

## **Vorveröffentlichungen der Dissertation**

Teilergebnisse aus dieser Arbeit wurden mit Genehmigung der Fakultät für Lebenswissenschaften, vertreten durch den Mentor der Arbeit, in folgenden Beiträgen vorab veröffentlicht:

### **Forschungsprojektberichte**

Die Untersuchungen zur vorliegenden Arbeit waren teilweise in einem vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) bzw. von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) geförderten 3-jährigen Forschungsprojekt (1997-1999): „Untersuchungen zur Reduzierung des Blattlausbefalls durch Mulchsaatverfahren in ackerbaulichen Kulturen mit Lückenindikation (Ackerbohne und Lupine)“.

Das Projekt wurde in Zusammenarbeit des Zoologischen Instituts der TU Braunschweig, Arbeitsgruppe Bodenzöologie, Leiter: Prof. Dr. Otto Larink, und der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) in Braunschweig (seit 1. Januar 2008 Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen), Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, damaliger Leiter: Dr. Gerhard Bartels, Labor Dr. Udo Heimbach, durchgeführt.

### **Publikationen**

HEIMBACH, U., C. EGGERS & T. THIEME (2004): Effects of mulch on aphid populations and virus transmission in some arable crops. - In: SIMON, J.-C., C. A. DEDRYVER, C. RISPE & M. HULL (eds.): Aphids in a New Millennium. Proceedings of the 6th International Symposium on Aphids: 307-312, (INRA Editions) Versailles

HEIMBACH, U., C. EGGERS & T. THIEME (2002): Aphids in oil seed rape in autumn, possibilities to reduce virus transmission. - IOBC wprs Bulletin 25: 123-131

HEIMBACH, U., C. EGGERS & T. THIEME (2002): Weniger Blattläuse durch Mulchen? - Gesunde Pflanzen 54: 119-125

HEIMBACH, U. & C. EGGERS (2002): Möglichkeiten zur Reduzierung von Blattlauszahlen und des Virusbefalls im Raps im Herbst. - In: SCHÖBER-BUTIN, B. (ed.): Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Berlin) 388 - Festschrift anlässlich des 80. Geburtstages von Dr. Friedrich Schütte: 67-75

EGGERS, C. & U. HEIMBACH (2001): Reduzierung des Blattlausbefalls durch Mulchsaatverfahren in Ackerbohne. - Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie 13: 253-256

HEIMBACH, U., C. EGGERS & T. THIEME (2001): Optische Beeinflussung von Blattläusen durch Strohmulch? - Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie 13: 289-292

HEINZE, M., C. EGGERS & U. HEIMBACH (2001): Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Mulchsaatsysteme auf Staphylinidae in Ackerbohnen-Beständen. - Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie 13: 257-260

HEIMBACH, U., C. EGGERS & T. THIEME (2000): Wirkung von Strohmulch auf Blattläuse und Virusbefall in Raps und Kartoffeln. - Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Berlin) 376: 198

LANGENSTÜCK, C. & U. HEIMBACH (1999): Bedeutung von Weichkäfer-Larven (Coleoptera: Cantharidae) als Blattlaus-Prädatoren. - Gesunde Pflanzen 51: 86-89

### **Tagungsbeiträge**

EGGERS, C. & U. HEIMBACH (2001): Reduzierung des Blattlausbefalls durch Mulchsaatverfahren in Ackerbohne. - Poster, Entomologen-Tagung 2001 (Düsseldorf)

HEIMBACH, U., C. EGGERS & T. THIEME (2001): Optische Beeinflussung von Blattläusen durch Strohmulch? - Vortrag, Entomologen-Tagung 2001 (Düsseldorf)

HEINZE, M., C. EGGERS & U. HEIMBACH (2001): Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Mulchsaatsysteme auf Staphylinidae in Ackerbohnen-Beständen. - Vortrag, Entomologen-Tagung 2001 (Düsseldorf)

HEIMBACH, U., C. EGGERS & T. THIEME (2000): Wirkung von Strohmulch auf Blattläuse und Virusbefall in Raps und Kartoffeln. - Vortrag, 52. Deutsche Pflanzenschutztagung 2000 (Weihenstephan)

LANGENSTÜCK, C., U. HEIMBACH & O. LARINK (1999): Untersuchungen zur Reduzierung des Blattlausbefalls durch Mulchsaatverfahren in Ackerbaulichen Kulturen. - Vortrag, Internationale Entomologen-Tagung 1999 (Basel)

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>BIOLOGIE UND WIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG DER IN DER VORLIEGENDEN UNTERSUCHUNG WICHTIGSTEN BLATTLAUSARTEN.....</b>	<b>9</b>
2.1	Kurzbeschreibung des allgemeinen Entwicklungszyklus von Blattläusen sowie einige Aspekte ihrer Biologie.....	9
2.2	Kurzzvorstellung der in der vorliegenden Untersuchung wichtigsten Blattlausarten.....	12
2.3	Schadwirkung von Blattläusen.....	17
<b>3</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>19</b>
3.1	Untersuchungsgebiet - Naturräumliche Gliederung, Boden und Klima .....	19
3.2	Feldversuche mit Ackerbohne sowie Lupine / Erbse 1997 - 1999 und Ackerbohne 2000.....	22
3.2.1	Anlage der Versuchsflächen .....	22
3.2.2	Erhebungen im Bestand .....	27
3.2.2.1	Untersuchungen an Blattläusen .....	27
3.2.2.2	Untersuchungen an Blattlaus-Antagonisten .....	34
3.2.2.3	Mikroklimadaten im Bestand .....	35
3.2.2.4	Pflanzenentwicklung, Unkräuter, Pflanzenschäden, Erträge .....	37
3.2.2.5	Statistische Auswertung .....	39
3.3	Feldversuch mit Winterraps im Herbst 1999 und 2000 .....	40
3.3.1	Anlage der Versuchsfläche .....	41
3.3.2	Erhebungen im Bestand .....	42
3.3.3	Test von Winterraps auf Virusbefall mittels ELISA .....	43
3.3.4	Ernte .....	44
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE.....</b>	<b>45</b>
4.1	Blattläuse.....	45
4.1.1	Blattlausarten.....	45
4.1.1.1	Gesamtartenliste .....	45
4.1.1.2	Sichtbonitur 1998 .....	49
4.1.1.3	Sichtbonitur 1999 .....	54
4.1.1.4	Sichtbonitur 2000 .....	58
4.1.1.5	Zeitliches Auftreten der Blattlausarten .....	58
4.1.2	Blattlausmorphen.....	64
4.1.3	Blattlaus-Phänologie.....	70
4.1.3.1	Gelbfangschalen 1997 .....	71
4.1.3.2	Gelbfangschalen 1998 .....	73
4.1.3.3	Gelbfangschalen 1999 .....	77
4.1.3.4	Blattlaus-Sichtbonituren 1998 .....	79
4.1.3.5	Blattlaus-Sichtbonituren 1999 .....	93
4.1.3.6	Blattlaus-Sichtbonituren 2000 .....	104
4.1.3.7	Saugfallen.....	107
4.1.3.8	Fangrahmen (Klebefallen).....	111
4.1.4	Flugaktivität alater Blattläuse im Einfluss der Witterung .....	112
4.1.5	Tagesgang der Flugaktivität alater Blattläuse.....	116
4.1.6	Clip-Cage-Versuch .....	117

<b>4.2</b>	<b>Blattlaus-Antagonisten.....</b>	<b>119</b>
4.2.1	Monophage Blattlausprädatoren.....	119
4.2.2	Polyphage Blattlausprädatoren.....	128
<b>4.3</b>	<b>Pflanzenentwicklung.....</b>	<b>134</b>
4.3.1	Vergleich der Versuchsjahre 1997-2000 in Bezug auf die Pflanzenentwicklung.....	134
4.3.2	Pflanzenentwicklung 1997.....	135
4.3.2.1	Auflaufbonitur 1997.....	135
4.3.2.2	Entwicklungsstadium und Wuchshöhe 1997.....	135
4.3.2.3	Ernte 1997.....	137
4.3.2.4	Unkraut 1997.....	139
4.3.3	Pflanzenentwicklung 1998.....	140
4.3.3.1	Auflaufbonitur 1998.....	140
4.3.3.2	Entwicklungsstadium und Wuchshöhe 1998.....	141
4.3.3.3	Ernte 1998.....	142
4.3.3.4	Unkraut 1998.....	144
4.3.3.5	Pflanzenkrankheiten 1998.....	145
4.3.3.6	Nachweis von BYMV und BLRV mittels des ELISA-Testverfahrens.....	147
4.3.4	Pflanzenentwicklung 1999.....	149
4.3.4.1	Auflaufbonitur 1999.....	149
4.3.4.2	Entwicklungsstadium und Wuchshöhe 1999.....	149
4.3.4.3	Ernte 1999.....	152
4.3.5	Pflanzenentwicklung 2000.....	153
4.3.5.1	Entwicklungsstadium und Wuchshöhe 2000.....	153
4.3.5.2	Ernte 2000.....	154
4.3.6	Pflanzenentwicklung im Vergleich mit dem Blattlausbefall.....	156
4.3.7	Pflanzenentwicklung im Vergleich mit dem Mikroklima.....	157
<b>4.4</b>	<b>Klima.....</b>	<b>159</b>
4.4.1	Mikroklimatischer Variantenvergleich im Jahresverlauf unter Einbeziehung der allgemeinen Wetterbedingungen.....	160
4.4.1.1	Lufttemperatur in der „Stroh“-Variante.....	160
4.4.1.2	Lufttemperatur in der „Senf“-Variante.....	162
4.4.1.3	Bodentemperatur in der „Stroh“- und „Senf“-Variante.....	163
4.4.1.4	Relative Luftfeuchtigkeit.....	165
4.4.1.5	Bodenfeuchte in der „Stroh“- und „Senf“-Variante.....	168
4.4.2	Mikroklimatischer Variantenvergleich nach Temperaturkategorien der Tageshöchsttemperaturen.....	174
4.4.2.1	Zusammenfassende Darstellung des mikroklimatischen Variantenvergleichs nach Temperaturkategorien der Tageshöchsttemperaturen.....	181
4.4.2.2	Mikroklimatischer Variantenvergleich in Bezug auf die Tageszeit und unter Berücksichtigung der Kulturpflanzenentwicklung.....	181
<b>4.5</b>	<b>Ergebnisse des Feldversuchs mit Winterraps im Herbst 1999 - 2000.....</b>	<b>186</b>
4.5.1	Raps 1999.....	186
4.5.2	Raps 2000.....	192
<b>5</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>205</b>
<b>5.1</b>	<b>Vorteile von Mulch- und Direktsaatverfahren im Ackerbau.....</b>	<b>205</b>
<b>5.2</b>	<b>Methodenkritik.....</b>	<b>206</b>
5.2.1	Vergleich verschiedener Blattlaus-Fangmethoden.....	206
5.2.2	Vergleich verschiedener Fangmethoden für Blattlaus-Antagonisten.....	209
5.2.3	Parzellengröße - Randeffekte.....	210
<b>5.3</b>	<b>Wirkung der Strohauflage auf den Blattlausbefall.....</b>	<b>210</b>
5.3.1	Optische Wirkung der Strohauflage bei der Erstbesiedlung eines Kulturpflanzenbestandes.....	210

5.3.2	Wirkung des Strohmulchs im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode .....	216
5.3.3	Hat die gewählte Menge des aufgetragenen Strohmulchs pro m <sup>2</sup> einen Einfluss auf die Blattlausbesiedlung? .....	220
<b>5.4</b>	<b>Einfluss der Witterung auf den Blattlausflug .....</b>	<b>220</b>
<b>5.5</b>	<b>Wirkung des Mulchens auf die Blattlaus-Antagonisten .....</b>	<b>223</b>
5.5.1	Wirkung des Anbaus von Zwischenfrüchten auf die Nutzarthropoden .....	223
5.5.2	Wirkung des Mulchens auf Schlupfwespen und Pilze .....	226
<b>5.6</b>	<b>Einfluss des Mulchens auf die Pflanzenentwicklung .....</b>	<b>228</b>
5.6.1	Behinderung des Auflaufens der Saat durch die Mulchschicht .....	228
5.6.2	Förderung des Pflanzenwachstums durch Erhöhung der Bodenfeuchte durch Mulchen .....	230
5.6.3	Ertrag und Erntequalität in den Mulchparzellen .....	231
5.6.4	Unkraut .....	235
5.6.5	Zusammenfassende Darstellung des Einflusses von Mulchsaat auf die Pflanzenentwicklung .....	236
<b>5.7</b>	<b>Einfluss des Mulchens auf das Mikroklima .....</b>	<b>237</b>
5.7.1	Vergleich der verschiedenen Methoden zur Auswertung der Loggerdaten .....	242
<b>5.8</b>	<b>Beziehungen zwischen Mulchen, Mikroklima, Pflanzenentwicklung und Blattlausbefall .....</b>	<b>242</b>
5.8.1	Einfluss der Fitness der Wirtspflanze auf die Blattlausentwicklung .....	242
5.8.2	Einfluss des Blattlausbefalls auf die Pflanzenentwicklung .....	244
5.8.3	Blattlausübertragbare Pflanzenvirosen und Sekundärerkrankungen – Ertragsverlust .....	244
<b>5.9</b>	<b>Praktische Anwendung der Ergebnisse in der Landwirtschaft .....</b>	<b>249</b>
<b>5.10</b>	<b>Ausblick .....</b>	<b>249</b>
<b>6</b>	<b>ABKÜRZUNGEN .....</b>	<b>251</b>
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY .....</b>	<b>253</b>
<b>8</b>	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>257</b>
<b>9</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>259</b>
<b>10</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>A 1</b>
<b>10.1</b>	<b>Blattläuse - Artenlisten .....</b>	<b>A 1</b>
<b>10.2</b>	<b>Nutzarthropoden - Spinnen in Bodenphotoelektoren 1999 .....</b>	<b>A 3</b>
<b>10.3</b>	<b>Pflanzenentwicklung .....</b>	<b>A 5</b>
10.3.1	Unkraut .....	A 5
10.3.2	Entwicklungsstadien der Kulturpflanzen .....	A 6
<b>10.4</b>	<b>Mikroklima und Wetterdaten .....</b>	<b>A 9</b>
10.4.1	Mikroklimatischer Variantenvergleich im Jahresverlauf unter Einbeziehung der allgemeinen Wetterbedingungen .....	A 9
10.4.1.1	Lufttemperatur .....	A 9
10.4.1.2	Bodentemperatur .....	A 16
10.4.1.3	Relative Luftfeuchtigkeit .....	A 24
10.4.2	Mikroklimatischer Variantenvergleich in Bezug auf die Tageszeit, unter Berücksichtigung der Kulturpflanzenentwicklung .....	A 31
10.4.3	Monatsübersicht 1997-2001 .....	A 33

10.4.4	Wettermast 1997.....	A 36
10.4.5	Wettermast 1998.....	A 38
10.4.6	Wettermast 1999.....	A 40
10.4.7	Wettermast 2000.....	A 43
<b>11</b>	<b>LEBENS LAUF .....</b>	<b>L 1</b>



# 1 EINLEITUNG

Blattläuse gehören zu den bedeutendsten Schädlingen und den wichtigsten Überträgern von Pflanzenviren in der Landwirtschaft der gemäßigten Klimazonen (z. B. MINKS & HARREWIJN 1987). Sie sind weltweit verbreitet, treten aber überwiegend in den gemäßigten nördlichen Zonen (Nordamerika, Europa, Zentralasien) auf. In Mitteleuropa gibt es etwa 920 Arten (THIEME & MÜLLER 2000), davon kommen 733 in Deutschland vor (THIEME & EGGERS-SCHUMACHER 2003). Weltweit gibt es mehr als 4000 sicher beschriebene Blattlausarten (Überfamilie *Aphidoidea*) (4401 nach BLACKMAN & EASTOP 1994, 4702 nach REMAUDIERE & REMAUDIERE 1997), von denen über 250 zu den wirtschaftlich relevanten Schadinsekten zu zählen sind (BLACKMAN & EASTOP 1984, RAMEL 2004).

Die durch den Blattlausbefall verursachte Schädigung der Pflanzen ist vielfältig (s. Kap. 2.2 Schadwirkung von Blattläusen): Durch Assimilateentzug und Einbringen von toxischen Stoffen über den Speichel kommt es zu direkten Saugschäden, die Ertragseinbußen von bis zu 50 % bewirken können (durch *Aphis fabae* in Ackerbohnen; THIEME 2002). Der von den Blattläusen in großen Mengen abgeschiedene Honigtau behindert Atmung und Photosynthese und begünstigt die Ansiedlung von Pilzen, die ihrerseits die Pflanze schädigen und Krankheiten auslösen können. Besondere Bedeutung haben die Blattläuse aber als Überträger von Pflanzenviren. Dabei kann schon ein geringer Virusbefall zu großen Schäden an den Kulturpflanzen führen. Der virusbedingte Ertragsverlust kann bei *Aphis fabae* in Ackerbohne bei bis zu 11 % liegen, in Erbsen kann eine Virusübertragung durch *Acyrtosiphon pisum* zu Ertragsverlusten von 30 bis 70 % führen (THIEME 2002).

Es fehlen integrierte Verfahren, mit denen Aphiden ohne Einsatz von Pflanzenschutzmitteln oder zumindest mit reduzierter Anwendungshäufigkeit unter der Schadensschwelle gehalten werden können. Sie wären umso wichtiger in Kulturen mit fehlender Zulassung von Pflanzenschutzmitteln (**Lückenindikation**), wie Ackerbohne und Lupine. Die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln erfolgt heute sehr spezifisch für einen genau festgelegten Kreis von Feldfrüchten. In vielen Kulturen mit kleiner Anbaufläche oder mit nicht regelmäßigem Schaderregerauftreten werden aus Kostengründen keine Zulassungsanträge für Pflanzenschutzmittel gestellt, so dass Zulassungslücken entstehen. Für diesen Fall einer Lückenindikation sind alternative Anbau- und Pflanzenschutzmaßnahmen zu entwickeln, um einen wirtschaftlichen Anbau zu ermöglichen.

Außerdem ist die chemische Bekämpfung bestimmter Blattlausarten infolge der Herausbildung von Resistenzen gegen verschiedene Insektizide, z. B. Organophosphate, Carbamate, Pyrethroide (COX et al. 2004) und Neonicotinoide (HEIMBACH 2007) extrem schwierig geworden. *Myzus persicae* ist z. B. gegen über 70 insektizide Substanzen

resistent und damit das gegen Gift resistenteste Insekt (<http://www.pesticide-resistance.org/search/12/384/>, 10.1.08). Zudem kann bei bestimmten Blattlausarten das Befallsproblem durch Insektizid-Einsatz noch verstärkt werden, sei es durch Stimulation der Nymphen-Bildung bei *Myzus persicae* durch Pyrethroide (FRENCH-CONSTANT 1988) oder durch Massenvermehrung der Blattläuse durch Vernichtung ihrer natürlichen Feinde infolge der Applikation von Pflanzenschutzmitteln (OETTING 1985). Auch kann es zu einer verstärkten Virusübertragung durch erhöhte Aktivität der Blattläuse nach Anwendung von Insektiziden kommen (THIEME & HEIMBACH 1998).

Mulchsaatverfahren, insbesondere der Anbau von Zwischenfrüchten, werden schon verbreitet eingesetzt. Dabei steht meist der Bodenschutz im Vordergrund, z. B. um Erosion und Krumenbasisverdichtungen zu reduzieren und um die Auswaschung von Stickstoff zu vermindern (LARINK 1998). Direktsaatverfahren können auch Kosten bei der Bodenbearbeitung einsparen. Es ist auch bekannt, dass solche Verfahren das Bodenleben fördern und z. B. der Regenwurmbesatz (BRUNOTTE et al. 1992, FENNER 1995, LANGMAACK et al. 1996, JOSCHKO et al. 1997, STOCKFISCH 1997, LARINK 1998) und die Dichte an Collembolen (FRIEBE & HENKE 1991, LARINK 1997, SCHRADER & LINGNAU 1997) deutlich erhöht werden.

**Mulchsaatverfahren** könnten aber auch eine Alternative zur chemischen Bekämpfung von Blattläusen bieten. Dabei könnte der Mulch auf zweierlei Arten gegen Blattläuse wirksam werden: (1) durch Vortäuschen einer geringen Attraktivität, (2) durch Förderung der Blattlaus-Antagonisten.

### **(1) Optische Wirkung bei der Erstbesiedlung eines Kulturpflanzenbestandes**

Geflügelte Blattläuse sind in der Regel verantwortlich für den Beginn der Besiedlung von ein- und zweijährigen Kulturen. Es ist bekannt, dass sich diese geflügelten Blattläuse während eines Befallsfluges artspezifisch sowohl optisch als auch nach Geruchs- und Geschmacksstoffen (NOTTINGHAM et al. 1991, NOTTINGHAM & HARDIE 1993) zu ihren Wirtspflanzen hin orientieren können. Zur Überwachung des Blattlausfluges wird die Anlockwirkung bestimmter Farben z. B. durch Aufstellung von Gelbschalen genutzt (z. B. MOERICKE 1950). Aber auch die räumliche Verteilung und die farblichen Kontraste der Wirtspflanze zum Untergrund scheinen eine wichtige Rolle für die Orientierung zu spielen (MOERICKE 1955, NEITZEL & MÜLLER 1959, MÜLLER 1957, 1964), die bei der Pflanzenproduktion zur Reduzierung des Blattlausanflugs und somit zur Minderung des Blattlausbefalls genutzt werden können. Die Hypothese ist, dass die Blattlaus ihre Wirtspflanze nicht mehr „erkennen“ kann und somit keinen Landeanflug durchführt. Auf dem gleichen Prinzip beruht auch die Wirkung von Gemüse-Mischkulturen (SIEKMANN et al. 2003). Eine andere Hypothese geht davon aus, dass die gelbe Farbe des Strohs, vielleicht in Verbindung mit dem verwelkten Erscheinungsbild, abschreckend auf Blattläuse wirkt. Man geht davon aus, dass Blattläuse in der Lage sind, abgestorbenes Pflanzenmaterial zu erkennen, und sich dadurch von einer Landung abhalten lassen. Auch könnte Stroh,

ähnlich wie silberfarbendes Mulchmaterial, kurzwellige Strahlung reflektieren und damit die optische Orientierung von Blattläusen stören (KRING 1964, WOLFENBARGER & MOORE 1968, JONES 1991, SIEKMANN et al. 2003, SAUKE & DÖRING 2004)

Der Einsatz von Mulch verschiedener Materialien, wie Stroh oder verschiedenfarbige Folien scheint eine vielversprechende Möglichkeit zu bieten, in einen Kulturpflanzenbestand einfliegende Blattläuse visuell anzusprechen und von einer Landung auf den Pflanzen abzuhalten. Stroh bietet gegenüber anderen Materialien den Vorteil der Umweltverträglichkeit und ist eines der kostengünstigsten Mulch-Materialien, das in ausreichender Menge in landwirtschaftlichen Betrieben anfällt.

## **(2) Förderung von Blattlaus-Antagonisten durch Mulchauflage und den Anbau von Zwischenfrüchten**

Ergebnisse zur Beeinflussung von Schädlingen und Nützlingen durch reduzierte Bodenbearbeitung oder Mulchsaatenverfahren liegen vor allem aus Nordamerika vor. Erst seit den 1990er Jahren wird darüber auch aus Europa publiziert. Zumeist deuten die Ergebnisse auf einen fördernden Effekt von Mulchsaaten auf epigäische Nutzarthropoden hin. Besondere Beachtung fanden dabei vor allem Laufkäfer (Carabidae) in verschiedenen Kulturen (z. B. HOUSE 1989a, WEISS et al. 1990, HELENIUS & TOLONEN 1994, KENDALL et al. 1995), daneben auch Spinnen (MANGAN & BYERS 1989, ALDERWEIRELDT & DESENDER 1990, SUNDERLAND 1991). Die Untersuchungen fanden in unterschiedlichen Kulturen statt, wie Getreide (HOUSE 1989a, KENDALL et al. 1995), Erdnüssen (BRUST 1991) und Sojabohnen (HOUSE & STINNER 1983, HOUSE 1989 b). Verschiedene Ergebnisse zu diesem Themenkomplex liegen auch aus eigenen Arbeiten bzw. Untersuchungen der BBA-Arbeitsgruppe von Dr. Udo Heimbach vor (HEINZE et al. 2001a, ZAHIROVIĆ 2002). Bei Versuchen in Zuckerrüben war der Besatz mit epigäischen Raubarthropoden deutlich erhöht, wenn Zwischenfrüchte vor Zuckerrüben standen, und besonders deutlich, wenn die Rüben im Direktsaatverfahren ohne Saatbettbearbeitung eingesät worden waren (GARBE & HEIMBACH 1992, HEIMBACH & GARBE 1996). Unklar ist aber, warum solche Verfahren für Nutzarthropoden günstiger sind. Neben der reduzierten Bodenbearbeitung fördern auch Mulchsaatenverfahren das Bodenleben, z. B. kann die Anzahl an Collembolen (FRIEBE & HENKE 1991, LARINK 1997, SCHRADER & LINGNAU 1997) und damit das potentielle Beutespektrum erhöht werden. Solche Verfahren verändern aber auch durch veränderte Struktur und Mikroklima das Habitat der Tiere und beeinflussen so deren Populationsdichte (RYPSTRA 1983, ALDERWEIRELDT & DESENDER 1990, SUNDERLAND 1991, CLARK et al. 1993). Selbst bei Nutzung von Papier, Plastik oder Aluminiumstreifen kam es zu einer Erhöhung epigäischer Raubarthropoden (BRUST & HOUSE 1990, POWELL & STOFFELLA 1993).

Neben Blattläusen als Schädlingen (WYMAN et al. 1979, BURTON et al. 1987, BROWN et al. 1993, ELLIS et al. 1999) wurden u. a. auch Kartoffelkäfer (BRUST 1994),

Chrysomeliden (TYLER & ELLIS 1980) und Schmetterlinge (MACK & BACKMAN 1990) im Hinblick auf einen Mulchsaat-Effekt untersucht.

Hinweise auf eine reduzierende Wirkung von Mulch- und Direktsaatverfahren auf die Blattlausdichte (BURTON & KRENZER 1985, BURTON et al. 1987, KENDALL et al. 1991, ELLIS et al. 1999) bzw. den Befall mit blattlausübertragbaren Virose (WYMAN et al. 1979, BROWN et al. 1993, JONES 1994, KENDALL et al. 1995) liegen aus verschiedenen Kulturen vor. Dies wurde auch in Versuchen in Zuckerrüben an der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Braunschweig bestätigt, in denen ein etwa um 20 % verringerter Aphidenbefall gegenüber der konventionellen Anbautechnik festgestellt wurde (GARBE & HEIMBACH 1992, HEIMBACH & GARBE 1996). Auch eigene Arbeiten zu diesem Thema wurden schon veröffentlicht, die teilweise „Auskopplungen“ aus der vorliegenden Dissertation darstellen (HEIMBACH et al. 2000, 2001, 2002, 2004, HEIMBACH & EGGERS 2002, HEINZE et al. 2001a).

Dabei blieb aber bisher noch unklar, welche Ursachen die geringeren Blattlauszahlen haben. Sie könnten durch verändertes Siedlungsverhalten, bedingt durch optische Reize (THIEME et al. 1994) oder Mikroklima (THAKER et al. 1997), aber auch durch eine veränderte Nahrungsqualität (THIEME & HEIMBACH 1996) oder eine Erhöhung der Antagonistendichten verursacht sein. Daten aus dem mitteleuropäischen Bereich sind immer noch unzureichend.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, zu ermitteln, inwieweit sich die Aussaat in vorhandenen Mulch einer abgestorbenen Zwischenfrucht oder ein Ausbringen von Mulch (Strohaufgabe) nach der Saat auf Blattläuse und ihre natürlichen Gegenspieler auswirkt. Dies wurde anhand der Modellarten **Ackerbohne** (*Vicia faba*) und **Süßlupine** (*Lupinus luteus*), für die keine oder nur wenige Insektizide zugelassen sind (**Kulturen mit Lückenindikation**), in geringerem Umfang auch an **Erbsen** (*Pisum sativum*) und **Winterraps** (*Brassica napus*), in mehrjährigen Feldversuchen überprüft. Es wurden die folgenden Beziehungen analysiert: 1. zwischen Blattläusen und ihren Wirtspflanzen, 2. zwischen Wirtspflanzen und dem Mikroklima im Bestand, 3. zwischen Blattläusen und dem Mikroklima im Bestand sowie 4. zwischen Blattläusen und ihren natürlichen Gegenspielern. Die Besiedlung der Kulturen mit Blattläusen und Nützlingen schon in der Frühphase ihrer Entwicklung und fortlaufend über die Vegetationsperiode wurde mit verschiedenen Methoden ermittelt, ebenso wurden Werte zur Pflanzenentwicklung und zum Mikroklima erhoben.

## 2 BIOLOGIE UND WIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG DER IN DER VORLIEGENDEN UNTERSUCHUNG WICHTIGSTEN BLATTLAUSARTEN

### 2.1 Kurzbeschreibung des allgemeinen Entwicklungszyklus von Blattläusen sowie einige Aspekte ihrer Biologie

Blattläuse (Aphidina) werden im Allgemeinen als „schwierige“ Gruppe angesehen, taxonomisch und ökologisch. Ein Grund dafür ist ihr Polymorphismus, d. h. ein mehr oder weniger starker Wechsel der Körperform adulter Individuen in der Generationenfolge einer Art, besonders deutlich im Vorhandensein oder Fehlen von Flügeln. Es können bis zu 10 verschiedene Morphen auftreten; normalerweise sind es 5.

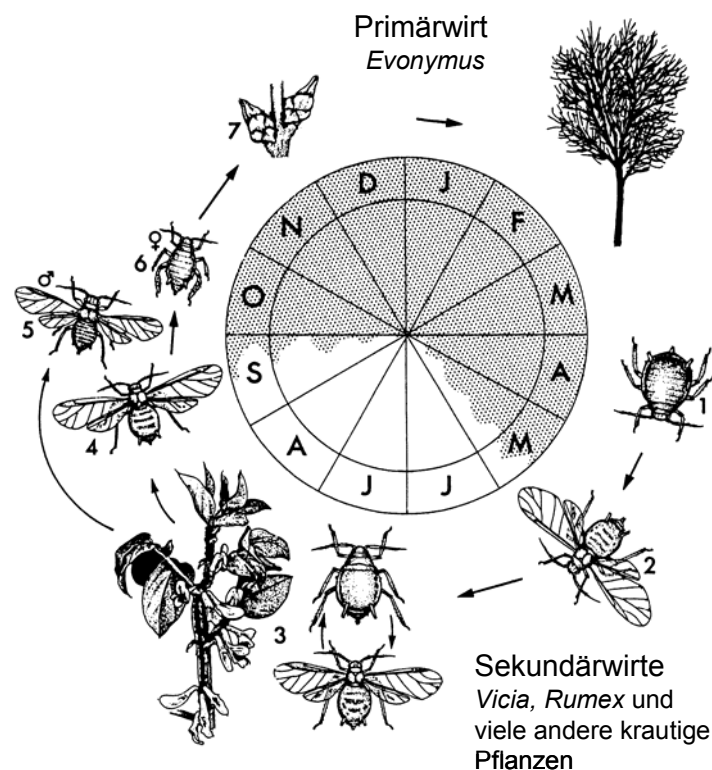
Der Erfolg der Blattläuse ist in ihrer Biologie, vor allem in ihrer extrem hohen Reproduktionsrate, begründet (z. B. MINKS & HARREWIJN 1987, DUBNIK 1991, OHNESORGE 1991, BLACKMAN & EASTOP 2000). Sehr bezeichnend für Blattläuse ist die Aufeinanderfolge mehrerer Generationen im Jahr. Dabei findet häufig ein obligatorischer Generationswechsel zwischen parthenogenetischer und (meist vor der kalten Jahreszeit) zweigeschlechtlicher Fortpflanzung statt (Heterogonie), oft verbunden mit Wirtswechsel (Abb. 2.1). Die Parthenogenese, einhergehend mit Viviparie (ausgenommen ovipare Blattläuse), und die „teleskopartige“ Verschachtelung der Generationen (d. h., Embryonen beginnen ihre Entwicklung bereits in einer noch ungeborenen Mutter, also schon in ihrer Großmutter) ermöglichen eine schnelle und starke Vermehrung und das Auftreten von individuenreichen Kolonien. Auch die kurze Entwicklungsdauer von 8 bis 14 Tagen von der Geburt bis zum adulten Weibchen sowie die gute Anpassungsfähigkeit an biotische und abiotische Faktoren tragen zum enormen Vermehrungspotential der Blattläuse bei. Im Normalfall kommt es zu 2 bis 5 Geburten pro Tag von Frühjahr bis Herbst.

Bei den Blattläusen unterscheidet man zwei Arten von Generationszyklen:

1. den **Holozyklus**: Diese Arten durchlaufen den gesamten Zyklus (Holozyklus) von der Stammutter (Fundatrix ♀) im Frühjahr, die eine lange Generationenreihe von ausschließlich weiblichen Tieren begründet, bis zu den Geschlechtstieren (Sexuales ♀/♂) im Herbst; die Überwinterung erfolgt als Ei auf den Haupt- oder Primärwirten.
2. den **Anholozyklus**: Bei diesen Blattlausarten kommt es nicht zur Bildung von Geschlechtstieren (Sexuales) und damit auch nicht von Wintereiern und Fundatrices; alle Generationen sind parthenogenetische ♀♀. Die Fortpflanzung vollzieht sich ausschließlich auf dem Neben(=Sommer-)wirt. Sie überwintern als adulte oder larvale parthenogenetische ♀♀ (aptere Virgines) (z. B. Blutlaus, *Eriosoma lanigerum*).

Die Ausprägung des Generationszyklus ist artspezifisch. Einige Arten wechseln aber auch je nach geographischem Standort (gemäßigte Klimate holozyklisch – Tropen anholozyklisch) oder aktuellen klimatischen Bedingungen (strenge Winter holozyklisch – milde Winter anholozyklisch) ihre Art der Generationenfolge. Der Generationszyklus kann mit oder ohne Wirtswechsel einhergehen. Bei der Grünen Apfelblattlaus (*Aphis pomi*) und der Mehligen Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*) leben z. B. sämtliche Generationen auf einer und derselben Wirtspflanzenart.

Im typischen Fall folgt auf eine sich zweigeschlechtlich fortpflanzende Generation eine Reihe von Generationen, die sich parthenogenetisch durch Lebendgeburten vermehren und von denen ein Teil auf einer anderen Wirtspflanze als die Geschlechtsgeneration lebt (Holozyklus mit Wirtswechsel, Abb. 2.1). Der am Beispiel von *Aphis fabae* dargestellte Holozyklus kann bei anderen Blattlausarten in vielfältiger Weise abgewandelt sein.



**Abb. 2.1:** Holozyklus mit Wirtswechsel am Beispiel von *Aphis fabae* (Aphididae), verändert nach BLACKMAN & EASTOP, 1994; gepunkteter Sektor: Entwicklung auf dem holzigen Primärwirt (Winterwirt); (1) Fundatrix (Stammutter ♀) schlüpft aus einem überwinternden Ei; (2) geflügelte Migranten (♀♀) wechseln Mai – Juni auf den krautigen Sekundärwirt (Sommerwirt); (3) hier werden aufeinanderfolgende Generationen von apteren Viviparae (♀♀) gebildet; mit zunehmender Koloniegröße kommt es zur Bildung von alaten Viviparae (♀♀), die neue Kolonien auf anderen Pflanzen begründen; im Herbst bilden die Viviparae auf dem Sekundärwirt alate Gynoparae (♀♀) (4) und alate Männchen (5), die zum Primärwirt zurückfliegen; die alaten Gynoparae bilden dort aptere ♀♀ Geschlechtstiere, die Oviparae (6), die mit den Männchen kopulieren und überwinternde Eier in Blattachseln des Primärwirtes ablegen (7)

Die Wirte, auf denen die Geschlechtsgeneration lebt, werden stets als Hauptwirte oder Primärwirte bezeichnet; es handelt sich meist um holzige Pflanzen. Die Wirtsspezifität ist bei den verschiedenen Blattlausarten sehr verschieden ausgeprägt und reicht von polyphag über oligophag bis hin zu monophag, wobei Monophagie in ganz strengem Sinne selten ist. Manchmal sind jedoch Unterarten nur durch ihre spezifische Wirtspflanze gekennzeichnet.

Die Wirtsfindung erfolgt durch die Wanderformen (Migranten). Zwischen aktivem Abflug und aktiver Landung erfolgt weitgehend passiver Transport durch Luftströmungen. Es können dabei Entfernungen von über 1000 km zurückgelegt werden (DUBNIK 1991).

Haupt-Blattlausfeinde sind als Räuber die Larven und Imagines von Marienkäfern (Coccinellidae), die Larven von Schwebfliegen (Syrphidae), bestimmten Gallmücken (Cecidomyiidae) und Florfliegen (Chrysopidae) sowie Blumenwanzen (Anthocoridae) und manche Grabwespen (Sphecidae). Auch polyphage Räuber wie Laufkäfer (Carabidae), Kurzflügelkäfer (Staphylinidae) und Weichkäfer (Cantharidae) erbeuten Blattläuse. Auch Spinnen können eine gewisse Bedeutung erlangen, die im intensiv bearbeiteten Ackerland durch häufige Störung der Artengemeinschaft allerdings eher gering einzuschätzen ist, aber durch Mulchen gefördert werden kann. Daneben werden Blattläuse von verschiedenen Schlupfwespen (Aphidiidae, Aphelinidae) parasitiert und von bestimmten entomopathogenen Pilzen (z. B. Gattung *Entomophthora*) befallen. Auch manche Vögel (z. B. Grasmücken, Mauersegler, Rebhuhn) fressen Blattläuse.

Viele Blattlausarten werden von Ameisen besucht, die den Honigtau sammeln und die Tiere teilweise gegen Feinde verteidigen.

Die Klassifikation der Blattläuse wird nicht einheitlich gehandhabt. Nach DUBNIK 1991 werden in der Insekten-Unterordnung Homoptera (Gleichflügler) in der Familiengruppe Aphidina (Blattläuse = Aphiden) 8 Familien unterschieden. Hauptsächlich Vertreter der größten Familie Aphididae (Röhrenläuse) haben landwirtschaftliche Bedeutung. Die in der folgenden Untersuchung betrachteten Arten gehören ausnahmslos zu dieser Familie.

### **Geographische Verbreitung (nach BLACKMAN & EASTOP 2000)**

Die Aphidoidea sind vornehmlich eine Gruppe der nördlichen gemäßigten Klimate. Am artenreichsten sind sie in Nordamerika, Europa sowie Zentral- und Ostasien. Die generellen Merkmale des Lebenszyklus der Aphiden – parthenogenetische Generationen, die aktiv wachsende Pflanzen nutzen und eine sexuelle Generation, die in einem überwinternden diapausierenden Ei mündet –, deuten darauf hin, dass die Evolution der gesamten Gruppe zunächst in Relation zu gemäßigttem Klima mit kalten Wintern oder zumindest mit abgesetzten saisonalen Veränderungen von Temperatur und Tageslänge stattgefunden hat. Ostasien ist die einzige Region der Erde, in der alle großen Gruppen der Aphidoidea gut repräsentiert sind. Die Aphiden-Fauna des tropischen Regenwaldes in

Südostasien ist umfangreicher als irgendwo anders auf der Welt. Einige der größten Aphiden-Gattungen (*Aphis*, *Chaitophorus*, *Cinara*, *Pemphigus*, *Uroleucon*) sind gut in allen Teilen der nördlichen Hemisphäre repräsentiert. Europa und Nordamerika im Besonderen haben viele Gattungen gemeinsam, und es gibt zahlreiche Parallelen zwischen den verschiedenen Arten an der einheimischen Vegetation jedes Kontinents. Es gibt allerdings eine charakteristische mediterrane Aphiden-Fauna.

## 2.2 Kurzvorstellung der in der vorliegenden Untersuchung wichtigsten Blattlausarten

### ***Aphis fabae* SCOPOLI (Aphididae, Schwarze Bohnenlaus)**

#### Biologie

Die Gattung *Aphis* beherbergt die weltweit wichtigsten Blattlausarten und zählt zu den wichtigsten Schadinsekten in Mitteleuropa. Die Schwarze Bohnen- oder Rübenlaus *Aphis fabae* ist eine sehr häufig auftretende wirtswechselnde Blattlausart, die nahezu weltweite Verbreitung hat. In den gemäßigten Klimazonen der nördlichen Hemisphäre sowie in Südamerika und Afrika ist sie weitverbreitet, während in den heißeren Regionen der Tropen und des Mittleren Ostens vermehrt ihre Unterart *Aphis fabae solanella* Theobald auftritt. In Europa ist *A. fabae* Teil eines Artenkomplexes, der *Euonymus europaea* L. (ältere Schreibweise: *Evonymus*, Gewöhnliches Pfaffenhütchen oder Spindelbusch) als Primärwirt nutzt. In weiten Teilen Europas überwintert *A. fabae* normalerweise im Eistadium (**Holozyklus, mit Wirtswechsel**) (DUBNIK 1991, BLACKMAN & EASTOP 2000, RADTKE et al. 2000). Eine **anholozyklische** Überwinterung ist aber in milden Winterklimaten möglich. Zu den **Winterwirten (Hauptwirten, Primärwirten)** zählt neben *Euonymus* in Westeuropa gelegentlich auch *Viburnum opulus* L. (Gewöhnlicher Schneeball). Als **Sommerwirte** bevorzugt *A. fabae* Beta-Rüben (*Beta vulgaris*) und später Ackerbohnen (*Vicia faba*), ist aber auch auf zahlreichen anderen Kultur- (darunter viele Gemüse) und Unkrautarten sowie Zierpflanzen anzutreffen, meist nur vorübergehend auf Kartoffel sowie gelegentlich auf Mais und Erbse. Die Art ist sehr polyphag. *A. fabae* bevorzugt moderate Temperaturen. Werte über 28 °C bewirken erhöhte Sterblichkeit. Auch ein Wettersturz und heftige, kalte Regengüsse können zur schnellen Vernichtung der Kolonien führen.

#### Schadbild und wirtschaftliche Bedeutung

*Aphis fabae* ist Überträger von mehr als 45 pflanzlichen Viruskrankheiten, darunter persistente und nichtpersistente Viren (HOFFMANN et al. 1985, BLACKMAN & EASTOP 2000). Allerdings gilt die Art als relativ flugträge (sie bildet nach der Ansiedlung ihre Flugmuskulatur zurück) und wechselt den Wirt nicht häufig, wodurch die Übertragung von Pflanzenviren gegenüber den Saugschäden nur eine untergeordnete Rolle spielt. Der



virusbedingte Ertragsverlust kann bei 11 % liegen. Von den an **Ackerbohnen** auftretenden Viruserkrankungen sind in der Reihenfolge ihres Schadausmaßes bedeutsam: das Bohnengelbmosaik-Virus (BGMV), das Scharfe Adernmosaik-Virus der Erbse (SAMV) und das Blattroll-Virus der Ackerbohne.

Durch die Übertragung von Viruskrankheiten und vor allem durch die Saugtätigkeit der Blattläuse können in Ackerbohnen beträchtliche Ertragsverluste entstehen. Durch Saugschäden kann es, entsprechend der Befallsintensität, zu Verlusten bis über 50 % kommen. Die Pflanzen bleiben in ihrem Wachstum zurück, der Fruchtansatz ist stark vermindert (Kümmerkorn) und kann bei starkem Befall völlig vernichtet werden. Eine sehr starke Besiedlung kann sogar ein vollständiges Absterben der Pflanzen bewirken. Durch die hohe Dichte der Blattlauskolonien fällt in großem Umfang Honigtau an, mit den in Kap. 2.2 beschriebenen Problemen. Bei der Ackerbohne begünstigt er die Bildung von Schokoladenflecken, die ab der Vollblüte von den Pilzarten *Botrytis fabae* und *Botrytis cinerea* hervorgerufen werden.

In **Kartoffel** überträgt *A. fabae* das Y-Virus sowie in geringem Umfang auch die Blattrollkrankheit. Für die Virusübertragung im Kartoffelbau spielt sie aber nur eine untergeordnete Rolle.

*Aphis fabae* gilt für die **Zuckerrübe** aufgrund ihres regelmäßigen Auftretens als wichtigste siedelnde Blattlausart. Starker Frühbefall kann allein durch Saugschäden Ertragseinbußen von 15 bis 20 % bewirken. Ferner tritt die Art als wichtiger Virus-Vektor hervor und überträgt die wichtigsten Krankheiten der Rüben: das persistente Milde Rübenvergilbungs-Virus (Beet mild yellow virus BMV), wenngleich in erheblich geringerem Umfang als die Pfirsichblattlaus *Myzus persicae*, und das Virus der Nekrotischen Rübenvergilbung (Beet yellow virus BYV).

### ***Acyrtosiphon pisum* (HARRIS) (Aphididae, Grüne Erbsenblattlaus)**

#### Biologie

Die Art *Acyrtosiphon pisum* ist ein Komplex von Unterarten und Rassen mit unterschiedlichem Wirtspflanzenspektrum, anhand dessen sie unterschieden werden können (MÜLLER 1980, 1985). Ursprünglich paläarktisch, hat *A. pisum* heute eine fast weltweite Verbreitung. Die Tiere können grüne, gelbe, gelbgrüne und rote Färbung haben (z. B. BLACKMAN & EASTOP 1984). Ackerbohnen und Erbsen werden überwiegend von den grünen Farbvarianten besiedelt. Die Grüne Erbsenblattlaus überwintert im Eistadium (**Holozyklus, ohne Wirtswechsel**) an ausdauernden Wicken-Arten (z. B. *Vicia cracca*, *V. hirsuta*) oder selten Rot-Klee (*Trifolium pratense*). Im Frühjahr wechselt sie zu Luzerne (*Medicago sativa*), Erbsen, Ackerbohnen und anderen Schmetterlingsblütlern. In Ackerbohnen erscheint sie oft einige Tage vor *A. fabae*, die etwa ab Mitte Mai zufliegt. Aufgrund ihrer enormen Vermehrungspotenz kommt es auf Erbse und Luzerne oft zum Massenbefall. Auf Ackerbohnen ist sie meist nicht so zahlreich, wobei es den Anschein

hat, als ob sie die Konkurrenz von *A. fabae* meidet. Infolge der Überbesiedlung entstehen in den Kolonien von *A. pisum* laufend Geflügelte. Nach dem Abreifen der Wirtspflanzen bricht gewöhnlich die Population innerhalb kurzer Zeit zusammen. Die Art erscheint dann erst im Spätsommer überwiegend auf den Zwischenfrüchten mit Leguminosenanteil, wo man sie bis zum Einsetzen von Frostperioden findet. In wärmeren Klimaten kommt es vermutlich fakultativ zu **anholozyklischer Überwinterung** (BLACKMAN & EASTOP 2000). Wie andere Blattlausarten, z. B. *Megoura viciae* (s. u.), lässt sich *Acyrtosiphon pisum* bei Erschütterung der Wirtspflanze zu Boden fallen.

#### Wirtschaftliche Bedeutung

Bei stärkerem Befall werden die Pflanzen durch die Saugtätigkeit der Blattläuse geschädigt. Es kommt zur Wachstumshemmung, und insbesondere in Trockenperioden und auf leichteren Böden wird oft ein vorzeitiges Absterben der Pflanzen verursacht. Außerdem kann es zur Verringerung der Hülsenzahl, der Korngröße und der Minderung der Qualität des Erntegutes kommen.

Die Bedeutung von *A. pisum* als Virusüberträger ist jedoch in der Regel bedeutend höher einzuschätzen als der Schaden durch die Saugtätigkeit. Die Art kann über 30 Viruskrankheiten bzw. ca. 40 Virusarten (HOFFMANN et al. 1985) übertragen, sowohl persistent als auch nichtpersistent, darunter wichtige Leguminosen-Viren, wie z. B. das Blattroll-Virus und das Scharfe Adernmosaik-Virus (SAMV) auf Erbse und Ackerbohne sowie das Gewöhnliche Erbsenmosaik-Virus auf Erbse. In Erbsen kann es zu virusbedingten Ertragsverlusten von 30 bis 70 % kommen.

### ***Megoura viciae* BUCKTON (Aphididae, Wickenlaus)**

#### Biologie

Die Wickenlaus *Megoura viciae* ist eine sehr häufige und große Art, die in Europa, Zentral-Asien, im Mittleren Osten und Äthiopien weit verbreitet ist und auch in Nord-Amerika auftritt. *M. viciae* gehört zu den **nichtwirtswechselnden** Arten und verbringt das gesamte Leben auf denselben oder sehr nahe verwandten Pflanzenarten. Sie überwintert als Ei (**holozyklisch**) an verschiedenen Leguminosen-Arten, die sie auch als Sommerwirte nutzt. Nach SIDDIG (1966) sind das 7 *Lathyrus*-(Platterbse-) und 6 *Vicia*-(Wicke-)Arten (z. B. *Vicia faba*), keine *Medicago*-(Luzerne-)Arten, wie von BÖRNER (1952) beobachtet. BLACKMAN & EASTOP (2000) geben als Wirtspflanzen *Vicia* spp. (*faba*, *cracca*, *sativa*, *septum*) und *Lathyrus* spp. (*montanus*, *pratensis*) an. Bei milden Winterklimaten sowie in Gewächshäusern kann es auch zu anholozyklischer Überwinterung kommen. *M. viciae* besiedelt die jungen, apikalen Teile der Wirtspflanze.

Wie andere Blattlausarten, insbesondere aus der Unterfamilie der Dactynotinae, zeigt auch *M. viciae* ein sehr auffälliges Verhalten, das erstmalig von EHRHARDT (1963) beschrieben wurde: Sie lässt sich bei Erschütterung der Wirtspflanze zu Boden fallen. Dort

verharrt ein Teil der Tiere auf dem Rücken liegend oft länger als 5 Minuten, ohne sich zu bewegen. Diese Fallreaktion könnte einen gewissen Schutz bei der Annäherung von Feinden, wie z. B. Vögeln, bieten.

### Wirtschaftliche Bedeutung

*Megoura viciae* verursacht normalerweise keine schwerwiegenden Schäden an der Pflanze. In manchen Jahren tritt sie allerdings sehr zahlreich auf und kann dann beträchtliche Schäden an verschiedenen Feld-Leguminosen, wie z. B. Ackerbohne, Erbse und Futterwicke, hervorrufen (BÖRNER 1952, F.P. MÜLLER in SIDDIG 1966).

Ein direkter Schaden entsteht durch den Saftentzug aus den Siebröhren. Die Pflanzen bleiben bei starkem Befall im Wuchs zurück, und der Ertrag wird erheblich beeinträchtigt. Außerdem gibt die Art große Mengen an Honigtau ab, was Schäden an der Wirtspflanze verursachen kann (s. Kap. 3.2). Dies kann zur Minderung des Ertrags und des Tausendkorngewichts führen.

Als Vektor kann *M. viciae* für mindestens 8 Pflanzenviren auftreten und das Erbsen-Mosaik- sowie das Gewöhnliche Bohnen-Mosaik-Potyvirus auf verschiedene Leguminosen übertragen (HEINZE 1959, EHRHARDT & SCHMUTTERER 1964, BLACKMAN & EASTOP 2000). Auch persistente Viren wie das Bohnen-Blattroll-Virus und das Enationenvirus der Erbse können übertragen werden. Es gibt allerdings Berichte, dass *M. viciae* ein relativ schwacher und unbeständiger Vektor der beiden letztgenannten Viren sein kann (SCHMUTTERER 1969, COCKBAIN & COSTA 1973).

## ***Myzus persicae* SULZ. (Aphididae, Grüne Pfirsichblattlaus)**

### Biologie

Die Grüne Pfirsichblattlaus hat eine weltweite Verbreitung. Ursprünglich stammt sie vielleicht aus dem asiatischen Raum, wie ihr primärer Winterwirt (BLACKMAN & EASTOP 2000). Sie überwintert in gemäßigten Klimaregionen aller Kontinente im Eistadium auf dem **Winterwirt** (Hauptwirt) Pfirsich (*Prunus persica*) oder auch einigen anderen verwandten *Prunus*-Arten (**holozyklische Überwinterung, mit Wirtswechsel**). Im Frühjahr, vor allem im Mai, fliegen Geflügelte zu den **Sommerwirten** (Nebenwirten) aus dem großen Wirtspflanzenspektrum aus über 40 Pflanzenfamilien, wie Kartoffeln, Zuckerrüben, Bohnen, Lupinen, Erbsen, verschiedenen Getreide- und Gemüsearten u. a., wobei ein Tier in der Lage ist, nacheinander neue Kolonien auf verschiedenen Pflanzen zu begründen. Für *M. persicae* sind über 400 Sommerwirtarten bekannt (JACOBS & RENNER 1988). Ab Mitte September erfolgt der Rückflug zum Winterwirt, wo pro ♀ 6 bis 8 Wintereier abgelegt werden.

In weiten Teilen der Welt mit wärmerem Winterklima, und in denen keine *Prunus*-Art vorhanden ist, oder auch in milden Wintern gemäßigter Klimaregionen kann die Art auch

als Exsules (parthenogenetische ♀♀) auf krautigen Pflanzen, z. B. Brassicaceen, vor allem an Kohlarten, überdauern (**anholozyklisch, ohne Wirtswechsel**).

#### Wirtschaftliche Bedeutung

Die Kolonien sind normalerweise nicht sehr groß. Die starken Schäden an Kulturpflanzen resultieren gewöhnlich aus der Übertragung von Viruskrankheiten. Diese Art stellt mit Abstand den universellsten und fähigsten Überträger von Pflanzenviren dar und nimmt so eine herausragende Stellung unter den Blattläusen ein. Sie kann über 85 pflanzliche Viruskrankheiten effektiv übertragen (JACOBS & RENNER 1988) bzw. mehr als 150 meist nichtpersistente Virus-Arten oder -Stämme (HOFFMANN et al. 1985). Mit Ausnahme des X-Virus können alle in Mitteleuropa bedeutsamen Kartoffelviren (R-, Y-, A-, M- und S-Viren) übertragen werden. Dabei gehören die Vergilbungskrankheit der Rübe sowie die verschiedenen Virosen der Kartoffel (z. B. Blattrollkrankheit) und der Kohl-Arten zu den wichtigsten. *M. persicae* überträgt persistente Viren und ist außerdem ein sehr effektiver Vektor zahlreicher nichtpersistenter Viren, wie z. B. des Bean yellow mosaic virus (BYMV) an Lupinen in West-Australien (BWYE et al. 1997).

#### ***Brevicoryne brassicae* (L.) (Aphididae, Mehlig Kohlblattlaus)**

##### Biologie

Die Mehlig Kohlblattlaus ist in allen gemäßigten und warm-gemäßigten Teilen der Erde verbreitet. In kälteren Regionen überwintert sie als Ei (**holozyklisch, ohne Wirtswechsel**) vor allem an Kohl (*Brassica oleracea*), aber auch anderen Brassicaceen, u. a. an Winterraps (*Brassica napus*). Im Frühjahr bilden sich zunächst Kolonien ungeflügelter Tiere, die erst an der Blattunterseite saugen (Blattränder daher meist nach unten gerollt), dann überall. Gegen Ende des Frühjahrs kommt es auch zur Bildung von Geflügelten. *Brevicoryne brassicae* ist sehr flugaktiv und kann aus größeren Entfernungen zufliegen. Sie verträgt gut Lufttemperaturen von 28 °C bis weit über 30 °C bzw. vermehrt sich dann erst stärker. Zum Herbst beginnen die Weibchen nach der Begattung mit der Eiablage (ca. 4 Wintereier pro ♀) an Brassicaceen. Die Entwicklung in milden Winterklimaten verläuft zuweilen **anholozyklisch** (BLACKMAN & EASTOP 2000). Die Überwinterung erfolgt dann als ungeflügelte Imagines an den oben genannten Pflanzenarten.

##### Wirtschaftliche Bedeutung

Der Befall tritt vorzugsweise an den Felldrändern auf. Er ist nur jährweise von wirtschaftlicher Bedeutung. In Jahren mit Blattlausgradationen können die Schäden jedoch beträchtlich werden. So sind bei starkem Herbstbefall Ertragseinbußen von 20 bis 30 % möglich, wenn mehrere Wochen lang 60 bis 100 Tiere pro Pflanze vorhanden sind. Die Schadensschwelle liegt bei Winterraps laut THIEME (2002) im Herbst (2- bis 4-Blatt-Stadium der Kulturpflanze) bei 150 Blattläusen auf 25 Pflanzen.

*B. brassicae* tritt als Vektor von ungefähr 20 Pflanzenviren in Erscheinung, wie z. B. des Turnip mosaic potyvirus.

## 2.3 Schadwirkung von Blattläusen

Zum einen richten Blattläuse durch ihre Saugtätigkeit an verschiedenen Pflanzenteilen **direkten Schaden** an: durch Entzug von Pflanzensaft (Assimilaten) aus dem Phloem und Einbringen von toxischen Stoffen über den Speichel, wodurch ein Eingriff in die Physiologie der Pflanze erfolgt. Die geschwächten Pflanzen können Welkeerscheinungen, Hemmungen des Triebwachstums sowie Deformationen der Blätter, Blütenanlagen und Wurzeln (HAMMAN 1985, RÖDER 1990) zeigen. Der Fruchtansatz ist stark vermindert und bleibt in der Entwicklung zurück, es bildet sich Kümmerkorn. Eine sehr starke Blattlausbesiedlung kann zu völligem Erntenausfall führen und sogar ein vollständiges Absterben der Pflanze bewirken. Allerdings unterscheiden sich die Blattlausarten, selbst wenn sie nahe verwandt sind, hinsichtlich des Schadbildes deutlich (abgesehen von den durch die Übertragung von Pflanzenviren verursachten Symptomen): Das Besaugen von Pflanzenteilen kann äußerlich fast symptomlos vor sich gehen – die Anwesenheit der Blattläuse verrät sich dann oft zuerst durch den ausgeschiedenen Honigtau und die abgeworfenen Exuvien – oder auch zu mehr oder weniger starken Deformationen, krebsartigen Wucherungen bis hin zur Bildung echter Gallen führen (OHNESORGE 1991). Unter den Blattläusen (Aphidina) finden sich sowohl System- als auch Lokalsauger. Die in der Landwirtschaft vor allem schädlichen Röhrenläuse (Aphididae) sind nach dem heutigen Kenntnisstand wohl durchweg Phloemsauger, wenn auch die Jugendstadien mancher Arten zunächst am Mesophyll saugen (OHNESORGE 1991).

Ferner kann es zu einer **indirekten** Schädigung der Pflanze kommen: Bei mittlerer und starker Blattlausbesiedlung werden durch große Mengen des von den Blattläusen abgeschiedenen zuckerhaltigen **Honigtaus** die Stomata der Pflanze blockiert, so dass Atmung und Assimilation behindert werden. Schädlich kann aber auch die Ansiedlung von Rußtau- oder Schwärzepilzen (*Alternaria* spp.) und anderen Pilzen (*Botrytis* spp., *Geotrichum* spp.) auf dem zuckerhaltigen Honigtau sein (SIDDIG 1966). Der Pilzbefall verursacht braune, nekrotische Flecken auf den Blattoberseiten (Sekundärsymptome), die sowohl die optische Qualität von Ernteprodukten als auch die Assimilationsleistung der Pflanze beeinträchtigen können, indem die stark mit Flecken bedeckten Blätter vergilben, vertrocknen und vorzeitig abfallen. Dies kann zur Minderung des Ertrages und des Tausendkorngewichtes führen. Der Befall geht bei Ackerbohne und Erbse auch auf Stängel und Hülsen über. *Botrytis* beteiligt sich auch oft an Hülsenfäulen der Erbsen. Die von *Botrytis fabae* und *B. cinerea* hervorgerufenen (schokoladen)braunen Flecken werden als Schokoladenflecken-Krankheit bezeichnet.

Besonders die Funktion von Blattläusen als **Vektoren verschiedener Viruskrankheiten** kann in vielen Kulturen von großer Bedeutung sein, wobei hier oft

schon ein geringer Virusbefall zu großen Schäden führt. Das sogenannte Probestechen der Blattläuse, das beim Auffinden der Wirtspflanzen eine wichtige Rolle spielt, ist bei der Übertragung v. a. von nichtpersistenten Pflanzenviren von zentraler Bedeutung. Polyphage Blattlausarten, die viele Pflanzen verschiedener Familien als Wirtspflanzen nutzen können, spielen als Virusüberträger eine größere Rolle als Blattlausarten mit einem eingeschränkten Wirtspflanzenkreis. Die als Kulturschädling vielleicht wichtigste Blattlausart in Deutschland ist *Myzus persicae*, die Pfirsich als Primärwirt und viele verschiedene Pflanzenarten (allein in Mitteleuropa ca. 180 Pflanzenarten, RADTKE et al. 2000) als Sekundärwirte nutzt, darunter viele Brassicaceen. *Myzus persicae* ist mit Ausnahme der Dauerfrostregionen weltweit verbreitet (RADTKE et al. 2000). Sie gilt als universellster und fähigster Vektor von Pflanzenviren (R-, Y-, A-, M- sowie bestimmte Isolate des S-Virus) und nimmt dadurch unter den Blattläusen eine herausragende Stellung ein; *Myzus persicae* verbreitet über 100 Viruskrankheiten, u. a. der Kartoffel, Zuckerrübe und vieler Gemüsearten (KENNEDY et al. 1962, RAMEL 2004).

### 3 MATERIAL UND METHODEN

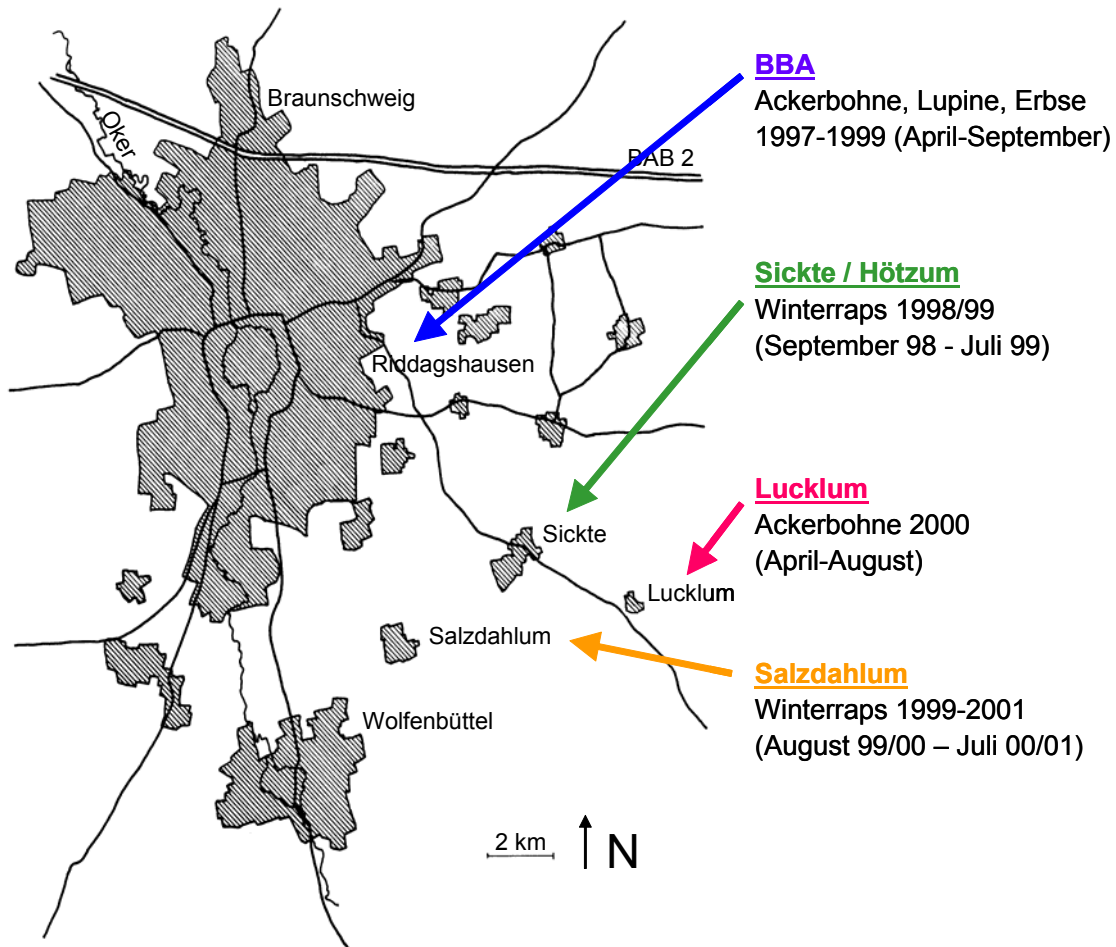
In den Jahren 1997 bis 2001 wurden in 4 Kulturen Freilandversuche zum Auftreten von Blattläusen in Mulch im Vergleich zu ungemulchten, d. h. konventionell bearbeiteten Flächen durchgeführt (Tab. 3.1). Die Untersuchungsflächen lagen direkt auf dem Gelände der Biologischen Bundesanstalt (BBA) in Braunschweig oder in der näheren südöstlichen Umgebung. Untersucht wurden die Kulturfrüchte Ackerbohne (*Vicia faba*), Süßlupine (*Lupinus luteus*), Erbse (*Pisum sativum*) und Winterraps (*Brassica napus*).

**Tab. 3.1:** Übersicht über die vorgestellten Feldversuche; BS = Braunschweig; BBA = Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Versuchs-Nr.	Standort	Kultur / Sorte	Zeitraum Jahr	Zeitraum Monat
F4/97	BS-BBA	Ackerbohne / 'Hedin'	1997-1999	jeweils April - August
F4/97	BS-BBA	Lupine / 'Borsaja' 1997 'Theo' 1998 'Juno' 1999	1997-1999	1997-1998: jeweils April - August  1999: April - Juni
F4/97	BS-BBA	Erbse	1999	Juni - August
F4/97 bzw. F3/00	Lucklum	Ackerbohne / 'Hedin'	2000	April - August
F3/98	Sickte / Hötzum	Winterraps / 'Mohican'	1998/1999	September 98 - Juli 99
F4/99	Salzdahlum	Winterraps / 'Mohican'	1999/2000	August 99 - Juli 00
F4/00	Salzdahlum	Winterraps / 'Mohican' Kleinparzellen	2000/2001	August 00 - Juli 01
F5/00	Salzdahlum	Winterraps / 'Mohican' Großparzellen	2000/2001	August 00 - Juli 01

#### 3.1 Untersuchungsgebiet - Naturräumliche Gliederung, Boden und Klima

Braunschweig liegt zwischen dem Nordrand der deutschen Mittelgebirge mit ihren schwach hügeligen Ausläufern und dem Übergang zum Norddeutschen Tiefland. Die Ausgangsbedingungen sind günstig für landwirtschaftliche Nutzung mit einer Lage von 70 bis 90 m über NN, einem mittleren Jahresniederschlag von 618 mm und jährlich 230 Tagen mit Temperaturen über 5 °C (Stadt Braunschweig 1998). Während die Versuchsflächen auf dem Gelände der BBA der durch eiszeitliche Sande geprägten Geestplatte (Ostbraunschweigesches Flachland) zugeordnet werden, liegen die Versuchsflächen außerhalb Braunschweigs im Lössbörden-Gebiet des Ostbraunschweigeschen Hügellands (Abb. 3.2), mit seinen fruchtbaren Braun- und Parabraunerden.



**Abb. 3.2:** Lage der Untersuchungsflächen um das Stadtgebiet von Braunschweig (verändert nach BECHER & BRANDES 1985)

### Standortbeschreibung und bodenkundlicher Überblick

Die Fläche der Biologischen Bundesanstalt liegt im östlichen Teil Braunschweigs im Weddeler Hügelland am Naturschutzgebiet Riddagshausen nahe der Wabeaue (Abb. 3.2). Die Böden entstanden aus Geschiebedecksand über glazifluvialen Sand und Ton. Die Oberfläche der von der Bodenschätzung erfassten Flächen war z. T. eben (1 % Gefälle), überwiegend jedoch schwach geneigt (1 bis 9 % Gefälle, Erosionsbeginn).

Die bodenkundliche Erfassung erfolgte nach der Bodenkarte auf der Grundlage der Bodenschätzung, Deutsche Grundkarte 1:5000 (Topographische Karte 1:25.000, Nr. 3729), Braunschweig-Gliesmarode-Ost 1995, Herausgeber: Katasteramt Braunschweig, und anhand von Daten, die vom Institut für Unkrautforschung der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (1996) zur Verfügung gestellt wurden (Tab. 3.2). Die Bodenkenndaten der Flächen in Lucklum und Salzdahlum wurden vom Versuchsfeld der BBA zur Verfügung gestellt.



**Tab. 3.2:** Bodenkenndaten für das Gelände der BBA in Braunschweig (Ap-Horizont); Quelle: Institut für Unkrautforschung, BBA; 1996

Bodentyp: lehmiger Sandboden (IS)	
Sand [%]	51
Schluff [%]	42
Ton [%]	6,5
C <sub>org</sub> [%]	1,02
ges. N [%]	0,087
pH (CaCl <sub>2</sub> )	6,9

Die Versuchsfeld-Flächen im Stadtgebiet von Braunschweig weisen mitteltief verbrauchte Pseudogley-Braunerde auf. Die Bodenart ist lehmiger Sand (IS). Die Bodenzahl beträgt 46, die Ackerzahl 48. Entsprechend wird den Flächen die Zustandsstufe 1-3 zugeordnet, was eine große Leistungsfähigkeit des Bodens innerhalb der gleichen Bodenart bedeutet. Der Boden trocknete während längerer Hitzeeinwirkungen stark aus, besonders im östlichen Teil der Versuchfläche 1998. Die Schläge 1997-99 lagen ca. 50 bis 150 m vom östlichen Ufer des Flüsschens entfernt und wiesen zum Fluss hin eine leichte Hangneigung auf. Die Westseite der Untersuchungsfläche war 1997 und 1999 durch Staunässe beeinflusst.

Die Bodenart der Lucklumer Fläche ist lehmiger Ton mit einem Humusgehalt von ca. 2 %. Die Fläche ist dreigeteilt. Im unteren, nördlichen Drittel der Fläche ändern sich die Verhältnisse und der Boden ähnelt dem Aueboden in Salzdahlum: ca. 5 % Humus. Es fließt dort die Wabe vom Elm kommend vorbei. Im mittleren Drittel der Fläche steht schwerer Tonboden an. Der Tongehalt beträgt ca. 20 %. Im oberen Drittel, südlich, ist der Ackerboden mit Schotter durchsetzt, der im Untergrund des Moränehügels ansteht. Der Acker ist mit durchschnittlich 70 Bodenpunkten bewertet.

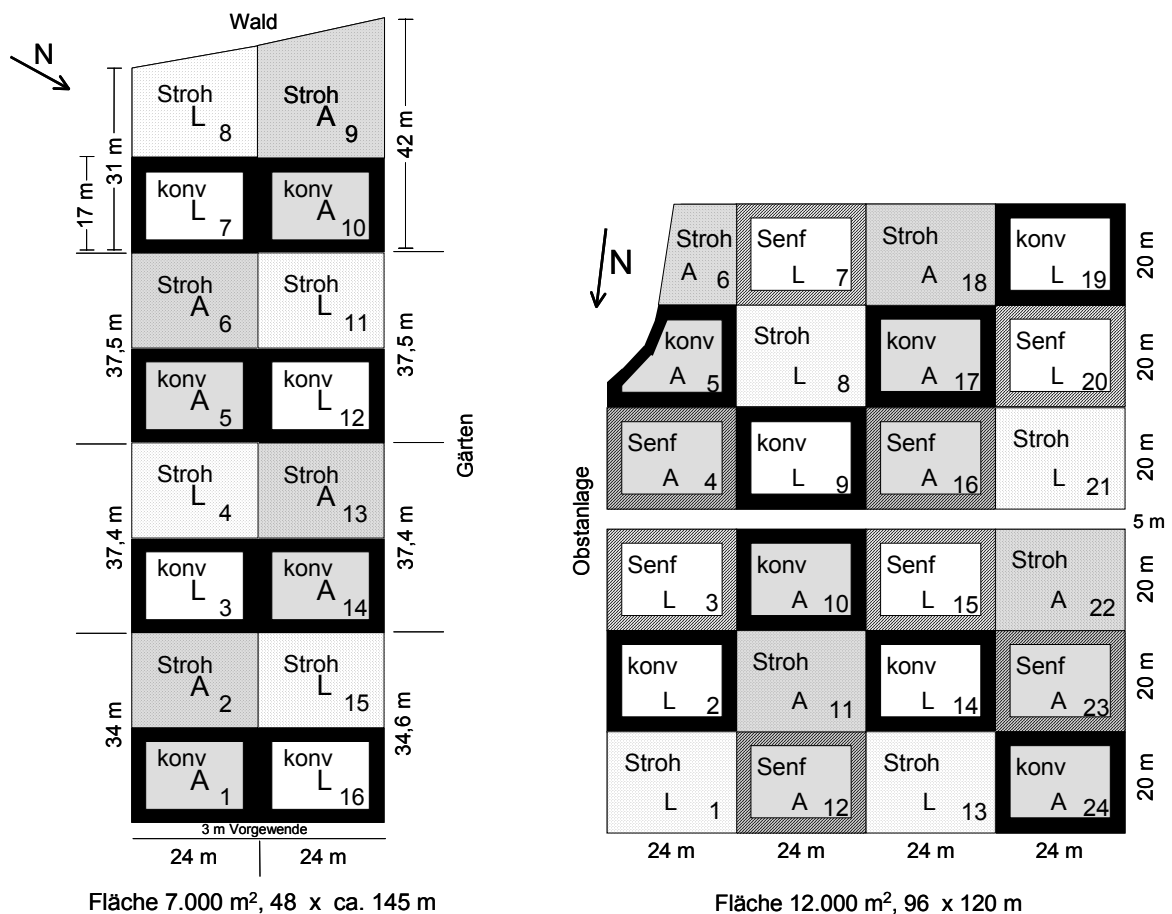
Die Bodenart der Salzdahlumer Fläche ist humoser toniger Lehm. Es handelt sich um Auenboden. Der Humusgehalt liegt bei über 5 %. Die Auflage hat eine Mächtigkeit von ca. 1 m. Darunter liegt eine mächtige Kies-Schotterschicht. Die durchschnittliche Bodenpunktzahl liegt bei 70.

## 3.2 Feldversuche mit Ackerbohne sowie Lupine / Erbse

### 1997 - 1999 und Ackerbohne 2000

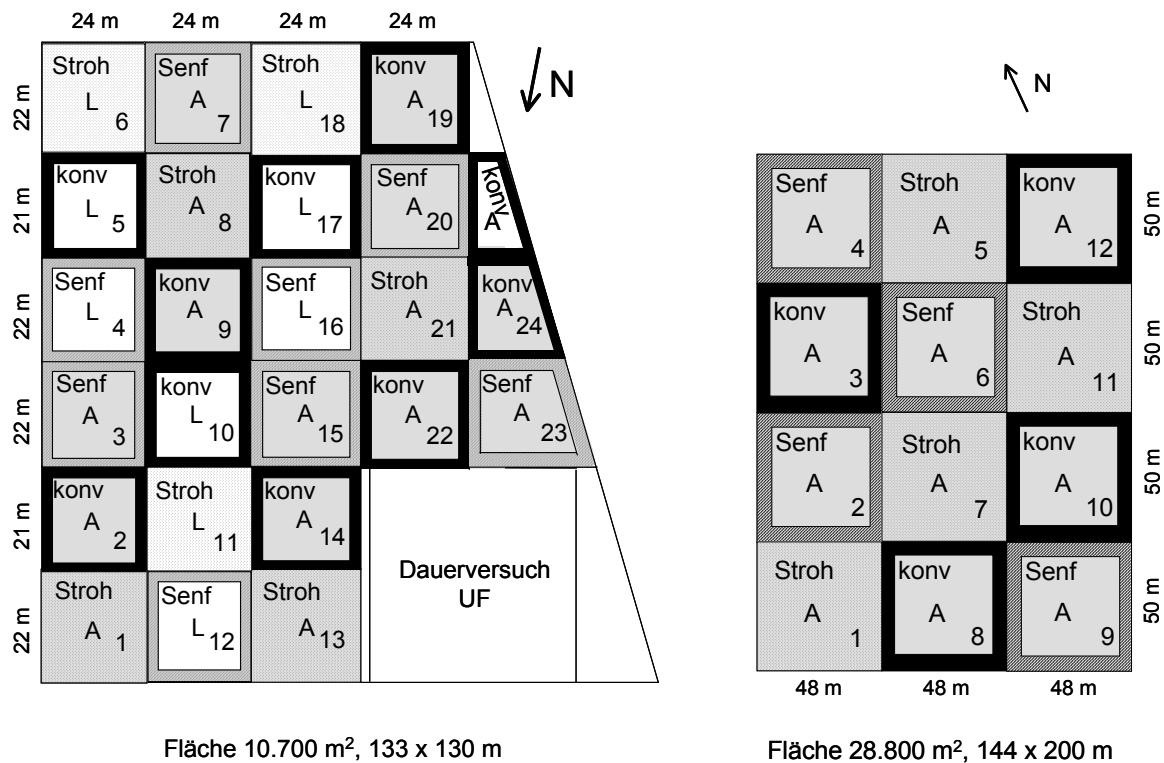
#### 3.2.1 Anlage der Versuchsflächen

In den drei Versuchsjahren 1997 bis 1999, die in das oben genannte Projekt eingebunden waren, wurden parallel zwei ackerbauliche Kulturen mit Lückenindikation, Ackerbohne (*Vicia faba*) und Süßlupine (*Lupinus luteus*), mit und ohne Mulchsaatverfahren angebaut. Der Anbau der Lupine bereitete allerdings Schwierigkeiten, auf die später näher eingegangen wird, so dass 1999 im zweiten Versuchshalbjahr auf Erbse (*Pisum sativum*), ebenfalls eine Feldfrucht mit Lückenindikation, zurückgegriffen werden musste. Die Versuche fanden auf dem Gelände der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) in Braunschweig auf wechselnden Flächen statt (Abb. 3.2, 3.3 u. 3.4 links).



**Abb. 3.3:** Versuchsplan 1997 (links) und 1998 (rechts): Ackerbohne (A), Lupine (L); Anordnung der Varianten (BBA-Gelände)

In einem zusätzlich zum Projekt durchgeführten Feldversuch im Jahr 2000 wurden die in den Jahren zuvor gewonnenen Ergebnisse noch einmal in Lucklum bei Braunschweig auf Großparzellen (48 x 50 m) mit Ackerbohne überprüft (Abb. 3.4 rechts).



**Abb. 3.4:** Versuchsplan 1999 (links): Ackerbohne (A), Lupine (L) (BBA-Gelände) und 2000 (rechts): Ackerbohne (Lucklum); Anordnung der Varianten

Der Anbau der Feldfrüchte Ackerbohne, Lupine und Erbse erfolgte praxisüblich. Die Versuche wurden (mit Ausnahme Lupine / Erbse 1999) in 4-facher Wiederholung mit einer mittleren Parzellengröße von etwa 24 x 26 m (1997: 24 x 37 m, 1998: 24 x 19,5 m, 1999: 24 x 22 m) angelegt. Wegen der Abmessungen der vom Versuchsfeld der BBA zur Verfügung gestellten Ackerfläche konnte im Jahr 1999 der Teilversuch mit Lupine / Erbse als Kulturfrucht nur in 3-facher Wiederholung durchgeführt werden.

Es wurden 3 Varianten gegeneinander getestet:

1. konventionelles Verfahren: Bodenbearbeitung mit Herbstfurche („**konv**“),
2. Mulchsaatverfahren ohne Saatbettbereitung: Direktsaat in die abgestorbene Zwischenfrucht Senf („**Senf**“) und
3. Strohmulchverfahren: konventionelle Bodenbearbeitung mit Strohaufgabe kurz nach der Aussaat („**Stroh**“).

Im **konventionellen Verfahren** erfolgte die Saat nach wendender Bodenbearbeitung im Frühjahr oder Herbst, mit Saatbettbereitung direkt vor der Aussaat im Frühjahr (Drillbreite 3 m, Reihenabstand 18 cm, Ablagetiefe Saatgut ca. 5 cm).

Beim **Anbauverfahren mit Zwischenfrucht** wurde im vorausgegangenen Herbst (also Herbst 1997, 1998 bzw. 1999) Weißer Senf (*Sinapis alba*) als Zwischenfrucht eingesät (20 kg/ha, 8 cm Reihenabstand). Die sich entwickelnden Pflanzen starben entweder im Winter ab oder wurden je nach Witterung im Frühjahr mit dem Herbizid 'ROUNDUP' abgetötet. Die Aussaat der Kulturen in der Zwischenfruchtvariante erfolgte ohne Bodenbearbeitung im Direktsaatverfahren in die abgestorbene Senfstoppel (Drillbreite 3 m, Reihenabstand 18 cm, Ablagetiefe 5 cm) mit der 'Amazone'-Direktsaatmaschine mit Meißelscharen.

Im **Strohmulchverfahren** wurden die Parzellen wie im konventionellen Verfahren behandelt. Hier wurde jedoch kurz nach der Aussaat, vor dem Auflaufen der Pflanzen, eine dünne Mulchschicht aus Stroh (100-200 g / m<sup>2</sup>, ca. 30 % Bedeckungsgrad) von Hand ausgebracht.



**Abb. 3.5:** Anlage der auf dem Versuchsgelände der BBA Braunschweig, von vorn nach hinten: Varianten „Senf“, „Stroh“ und „konv“, mit Gelbschalen und Bodenphotoektoren

Im ersten Versuchsjahr 1997 war wegen unzureichender Vorlaufzeit, bedingt durch die Projektbewilligung Ende April 1997, keine Zwischenfrucht vorhanden. Daher erfolgte die Versuchsanlage hier nur in den zwei Varianten „konventionell“ und „Strohmulch“. Alle Varianten einer Frucht wurden unter sonst gleichmäßigen Bedingungen angebaut, d. h. gleicher Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (Herbizide 'BANDUR', 'ROUNDUP' und 'STOMP') und Düngern.

Insektizide wurden nicht eingesetzt, mit Ausnahme des zweiten Versuchshalbjahres 1999 in Erbse, wo der für den Versuch besonders interessante Befallsflug der Blattläuse ein zweites Mal herbeigeführt werden sollte.

## Ackerbohne

In allen Versuchsjahren (1997-2000) wurde die häufig angebaute Sorte 'Hedin' gewählt. Sie war praxisüblich mit dem Kontaktfungizid 'TUTAN FLÜSSIGBEIZE' (500 g/l Thiram) gegen Auflaufkrankheiten gebeizt. Die Aussaat der Ackerbohnen erfolgte in allen Versuchsjahren (1997-2000) Mitte April mit 160 kg/ha, die Ernte im August (1997: Aussaat 10.4., Ernte 26.8.; 1998: Aussaat 17.4., Ernte 26.8.; 1999: Aussaat 20.4., Ernte 9.8.; 2000: Aussaat 17.4., Ernte 30.8.).

## Lupine

Die Aussaat der Lupinen erfolgte in allen Versuchsjahren (1997-1999) Mitte April mit 120 kg/ha, die Ernte 1997 und 1998 Ende August. 1999 wurde die Lupine nicht geerntet (s. u.). Die Lupinenkultur bereitete, wie oben erwähnt, in allen 3 Versuchsjahren Schwierigkeiten.

Aufgrund eingelagerter Bitterstoffe (Alkaloide) haben Lupinen einen guten Schutzmechanismus gegen viele Blattlausarten entwickelt (GRUPPE & ROEMER 1988). Allerdings kann vor allem die in den letzten Jahren aus Nordamerika eingeschleppte Lupinenlaus *Macrosiphum albifrons* (Essig 1911) zu deutlichen Schäden führen (GRUPPE & ROEMER, 1988). Da aber insbesondere die Lupinenkultur (Sorte 'Borsaja') im ersten Versuchsjahr 1997 kaum von Blattläusen befallen war, wurde im Folgejahr eine für den Blattlausbefall anfälligere Sorte gewählt. Dazu wurden im Winter 1997/98 Vorversuche zur Vermehrungsrate der beiden 1997 hauptsächlich aufgetretenen Blattlausarten *Aphis fabae* und *Acyrtosiphon pisum* an 7 verschiedenen alkaloidarmen weiß-, blau- und gelbblühenden Lupinensorten durchgeführt. Am anfälligsten zeigte sich eine gelbblühende schmalblättrige Süßlupine australischer Herkunft (Sorte 'Theo'), die 1997 neu eingeführt wurde. 1998 wurde diese Lupinensorte ungebeizt gedrillt.

Diese Lupinen wurden, ebenso die Ackerbohnen, 1998 massiv von Pflanzenkrankheiten befallen, was schließlich mit vorzeitigem Absterben der Pflanzen endete. Die Lupinen fielen dabei neben einem Virusbefall vor allem der Pilzkrankheit Anthraknose zum Opfer, gegen die es bis 1998 keinen Schutz durch Beizung des Saatgutes gab. Da diese Erkrankung im Lupinenanbau in den letzten Jahren ein großes Problem darstellte, wurde mit Hochdruck an einem Beizmittel gearbeitet, das 1999 auf den Markt kam. Im dritten Versuchsjahr wurde daher eine verträgliche Lupinensorte gewählt, die ebenfalls gelbblühende Sorte 'Juno' (Beizung mit 'SOLITÄR', Wirkstoffe: 25 g/l Cyprodinil, 25 g/l Fludioxonil, 10 g/l Tebuconazol).

Da es 1997 zu Auflaufschwierigkeiten bei den Lupinen gekommen war, wurde das Lupinensaatgut 1998 und 1999 kurz vor der Aussaat mit einer Knöllchenbakterien-Suspension beimpft (NPPL-Impfstoff 400 g für 150 kg Süßlupinen). Dazu wurden die Lupinensamen vor der Zugabe des Bakterienpulvers mit Buttermilch als Haftmittel (300 bis 500 ml Buttermilch / 100 kg Saatgut) angefeuchtet und im Betonmischer kurz

durchmischt. Den Stickstoff-bindenden Leguminosen wurde dadurch eine Startkultur an Knöllchenbakterien zugeführt, um den normalerweise ohne Hilfestellung erfolgenden Prozess der Findung der Symbiosepartner Pflanzenwurzel und Bakterium zu beschleunigen.

1999 wurde schließlich mitten in der Vegetationsperiode von Lupine auf Erbse umgestellt (s. u.), da die Lupinen in diesem Jahr trotz Impfung des Saatgutes mit Bakteriensuspension starke Wachstumsschwierigkeiten zeigten.

### **Erbse**

Die Aussaat der Erbsen 1999 war eine Ersatzlösung, weil die eigentlich vorgesehenen Lupinen nur sehr verzögert und spärlich aufgelaufen waren und die wenigen gekeimten Pflanzen sich nicht normal entwickelten hatten. Mitten in der Vegetationsperiode wurde von Lupine auf Erbse umgestellt: Am 17. Juni wurden die Lupinenparzellen gefräst und einen Tag später Erbsen gedrillt. Da nun nicht mehr das Direktsaatverfahren angewendet werden konnte, weil die Zwischenfrucht Senf durch das Fräsen bereits in den Boden eingearbeitet war, konnten die Parzellen nur noch in 2 Varianten angelegt werden: konventionelle Bodenbearbeitung und Strohmulch, in jeweils 3-facher Wiederholung. Um einen zweiten Befallsflug in der Erbsenkultur zu induzieren, wurde am 2. Juli das kurz wirksame Insektizid 'PIRIMOR' gespritzt, um die bis dahin etablierten Blattlauskolonien abzutöten.

### 3.2.2 Erhebungen im Bestand

In Tabelle 3.3 findet sich eine Übersicht über alle Bonituren, Fangmethoden und Versuche, die in den Versuchsjahren 1997 bis 2000 durchgeführt wurden.

**Tab. 3.3:** In allen Versuchsjahren 1997-2000 durchgeführte Bonituren, Fangmethoden und Versuche; Pflentw: Zeitraum, in dem eine Bonitur der Pflanzenentwicklung erfolgte, vom Auflaufen bis zur Ernte; Pflentw: Zeitraum, in dem die Pflanzenentwicklung (BBCH-Wert, Höhe) bonitiert wurde; GFS: Zeitraum, in dem Gelbfangschalen aufgestellt wurden; BL-Bon: Zeitraum, in dem Blattlaus-Sichtbonituren durchgeführt wurden; SF: Zeitraum, in dem stationäre Saugfallen liefen; BLF: Zeitraum, in dem Blattlaus-Fangrahmen (Klebefallen) eingesetzt wurden; PE: Zeitraum, in dem Bodenphoto-eklektoren aufgestellt wurden; Clip-Cage: Zeitraum, in dem der Clip-Cage-Versuch durchgeführt wurde

	1997	1998	1999	2000
<b>Pflentw</b>	30.04.-26.08.	05.05.-26.08.	18.05.-09.08.	04.05.-30.08.
<b>GFS</b>	29.05.-15.08.	29.04.-02.08.	20.05.-05.08.	-
<b>BL-Bon</b>	15.07.-11.08.	05.05.-17.08.	25.05.-02.08.	04.05.-29.06.
<b>SF</b>	-	01.05.-03.08.	11.06.-06.08.	-
<b>BLF</b>	-	-	01.07.-13.07.	04.05.-19.05.
<b>PE</b>	18.04.-19.08.	24.03.-26.08.	28.04.-05.08.	-
<b>Clip-Cage</b>	12.08.-15.08.	25.06.-15.07.	20.07.-07.08.	-

#### 3.2.2.1 Untersuchungen an Blattläusen

Die Bestandesbesiedlung und Populationsdynamik der wirtschaftlich bedeutsamen Blattläuse von Ackerbohne, Lupine und Erbse wurden über die gesamte Vegetationsperiode mit verschiedenen Methoden erhoben.

#### Gelbfangschalen

Zur Erfassung des Befallsfluges wurden von 1997 bis 1999 runde Gelbfangschalen von 22 cm Durchmesser (nach MOERICKE 1951) mit Hummelschutzgitter von der Firma AgrEvo Hoechst Schering GmbH eingesetzt. Vom Auflauf der Pflanzen an wurden Gelbfangschalen in allen Parzellen jeweils mittig in der jeweiligen Gipfelhöhe (Gipfelschale) des Bestandes aufgestellt und täglich, möglichst vor Beginn des Vormittagsflugs (MÜLLER et al. 1959) geleert. Dem Wasser wurden einige Tropfen Detergenz zur Herabsetzung der Oberflächenspannung beigelegt. Daraus wurden alate (geflügelte) Blattläuse und 1998 und 1999 auch deren geflügelte Antagonisten erfasst. Die Konservierung der gefangenen Aphiden und Nützlinge erfolgte in 70%igem Ethanol. Die meisten der gefangenen Blattläuse konnten unter dem Stereomikroskop bei maximal 105,6-facher Vergrößerung determiniert werden. Lediglich in einigen Fällen (<5 %) erfolgte die Bestimmung nach Erstellung eines mikroskopischen Präparates. Die Bestimmung der Aphiden-Arten erfolgte hauptsächlich nach TAYLOR (1984), auch nach

MÜLLER (1975), HEIE (1980, 1982, 1986, 1992, 1994, 1995) sowie JACKY & BOUCHERY (1980), zusätzlich nach THIEME & MÜLLER (2000). Die Blattlaus-Prädatoren wurden nach BROHMER (1988), ROTHERAY (1989) und STRESEMANN et al. (2000) determiniert.

Zur Berechnung der Dominanz-Verhältnisse in Gelbfangschalen ist anzumerken, dass in die Gesamtsumme aller Blattläuse auch die „Fragezeichen-Tiere“ einbezogen wurden, d. h. die Tiere, die zwar vollständig erhalten waren, aber aufgrund ihrer Merkmalskombination nicht eindeutig einer bestimmten Art zugeordnet werden konnten. Die Tiere, die als nichtdeterminierbar (n.d.) klassifiziert wurden, waren nur in Fragmenten erhalten oder so stark ausgetrocknet, dass sie nicht bestimmbar waren. Die nichtdeterminierbaren Blattläuse wurden bei der Analyse von Dominanzen und Stetigkeiten nicht berücksichtigt.

### **Sichtbonitur (visuelle Kontrolle)**

Die wichtigste Methode zur Erfassung der Blattläuse war das direkte Auszählen der Aphiden an den Kulturpflanzen, bei dem gleichzeitig das Antagonistenpotential miterhoben werden konnte. Bei der Sichtbonitur wurden einmal wöchentlich in jeder Parzelle 100, mit zunehmender Vermehrung der Läuse 50 Pflanzen zufällig herausgegriffen und der Besatz mit Blattläusen und deren Antagonisten pro Pflanze im Bestand ermittelt. Dabei wurde sowohl die Zahl der blattlausbefallenen Pflanzen als auch die Artenzusammensetzung und die Anzahl der Läuse pro Pflanze, ihre Morphe (alat = geflügelt, apter = ungeflügelt) sowie ihr Entwicklungsstadium (adult, juvenil) erfasst.

Zur Kontrolle der Artbestimmung wurden von jeder Parzelle je nach Zahl der gefundenen Läuse 10 bis 20 Tiere abgesammelt und unter dem Stereomikroskop (max. 105,6-fach) determiniert. Teilweise wurden für die Bestimmung auch mikroskopische Präparate angefertigt.

Da aufgrund der hohen Dichten, die Blattlauskolonien erreichen können, zum Höhepunkt der Populationsentwicklung nicht mehr alle Tiere ausgezählt werden konnten, wurden gesicherte Schätzungen vorgenommen. Zunächst reichte das Ausmessen des blattlausbefallenen Pflanzenabschnitts, später wurden Befalls-Kategorien eingeführt.

Dabei wurden Durchschnittswerte aus verschiedenen Versuchsjahren zugrunde gelegt und die unterschiedliche Größe, das unterschiedliche Verhältnis Aptere / Larven sowie die unterschiedliche Art der Koloniebildung der 3 Hauptarten *Aphis fabae*, *Acyrtosiphon pisum* und *Megoura viciae* berücksichtigt. Alate Tiere wurden nicht in die Schätzungen einbezogen, sondern gesondert gezählt.

#### **1. Verhältnis Aptere / Larven:**

Aus allen direkt ausgezählten Blattläusen der Versuchsjahre 1999 und 2000 wurde der jeweilige Mittelwert der Anzahl Apterer und Larven der 3 Hauptarten ermittelt und der sich daraus ergebende Verhältniswert gerundet.



Für die Arten ergaben sich folgende Verhältnisse:

*A. fabae*: 1 (apt) : 2 (L)

*A. pisum*: 1 (apt) : 4 (L)

*M. viciae*: 1 (apt) : 10 (L)

2. Anzahl Blattläuse (apt + L) / cm = Dichte der Arten:

An 6 Terminen 1999 und 2000 wurde an jeweils 6 Pflanzen die Anzahl Apterer und Larven der 3 Hauptarten jeweils auf 1 cm Pflanzenabschnitt ausgezählt und der gerundete Mittelwert gebildet.

*A. fabae*:  $n \text{ apt} + L / \text{cm}$ : 50

*A. pisum*:  $n \text{ apt} + L / \text{cm}$ : 20

*M. viciae*:  $n \text{ apt} + L / \text{cm}$ : 16

3. Festsetzung der Befalls-Kategorien (fotografisch dokumentiert):

Kategorie 0 nicht befallen

I zählbar (dann wurde Zahl der Blattläuse ermittelt)

II gering befallen

III stark befallen

IV sehr stark befallen

Dies wurde am 16.7.99 an 12 Pflanzen im Freiland und Labor so vorgenommen, dass die Kategorien I bis IV gleich stark vertreten waren und durch mittlere Werte bestimmter Parameter, die unten näher ausgeführt sind, charakterisiert wurden.

**im Freiland:**

Die Pflanzen wurden in ihrer Gesamthöhe vermessen und anschließend in Spitze (obere 20 cm = 1) und Rest der Pflanze (2) eingeteilt.

Über einer weißen Wanne mit eingezeichnetem Raster wurden alle Blattläuse (getrennt in Abschnitt 1 u. 2) lebend abgepinselt und ausgezählt; dabei wurden Art, Morphe, Parasitierte und Verpilzte unterschieden sowie Nützlinge erfasst.

**im Labor:**

Es wurde die Anzahl Blätter / Pflanze bestimmt (getrennt in Abschnitt 1 u. 2), anschließend die Blattfläche ermittelt (getrennt in Abschnitt 1 u. 2), indem die Blätter bündig aneinanderschließend auf Millimeterpapier ausgebreitet wurden. Auch der Stängelumfang ( $2 \pi \times r$ ;  $r = 0,5$  bis 1 cm, im Mittel 0,7 cm) der Pflanzen wurde berücksichtigt.

Kategorie	mittlere $n \text{ apt} + L$ <i>A. pisum</i> / cm Pflanzenhöhe	mittlere $n$ Verpilzte / cm Pflanzenhöhe
II	13,05	1,20
III	20,47	1,93
IV	30,00	2,50

Da bei der Feld-Bonitur der Kategorien am 16.7.99 hauptsächlich *A. pisum* (= g) und so gut wie gar keine *A. fabae* (= s) und *M. viciae* (= g\*) auftraten, die Arten s und g\* jedoch andere Dichten als g aufwiesen (s = mehr Tiere / cm als g, g\* = weniger Tiere / cm als g), wurden nach eigenen Erfahrungen **Faktoren** eingeführt, mit denen die g-Werte zu multiplizieren waren:

$$s = 2,5 \times g$$

$$g^* = 0,8 \times g$$

Diese Faktoren haben sich bei den Blattlausbonituren 1999 und 2000 bestätigt.

Auf der Grundlage der Punkte 1 bis 3 wurden 2 Tabellen zur Berechnung der Anzahl Blattläuse pro Pflanze angelegt: Tab. 3.4 zur Umrechnung von ausgemessenen cm-Angaben Blattlausbefall, Tab. 3.5 zur Umrechnung von Kategorie-Angaben über die ausgemessene Gesamthöhe der Pflanzen.

**Tab. 3.4:** Umrechnung von cm-Angaben mit Blattlausbesatz in Anzahl Blattläuse pro Pflanze; Arten, Morphen

\* Datenbasis: Verhältnis Aptere / Larven (Punkt 1, s.o.)

Anzahl Blattläuse (apt + L) / cm = Dichte der Arten (Punkt 2, s.o.)

nur apt / nur L: wenn nur Larven oder Aptere gefunden wurden,

Annahme: Größenverhältnis apt:L = 4:1 (*A. pisum* & *M. viciae*) bzw. 3:1 (*A. fabae*)

**ausgez. cm \***

Taxa	Aptere	Larven	nur apt	nur L
<i>A. fabae</i>	ausgez. cm x 50 x 0,33	ausgez. cm x 50 x 0,67	apt + L / 3	L + apt x 3
<i>A. pisum</i>	ausgez. cm x 20 x 0,2	ausgez. cm x 20 x 0,8	apt + L / 4	L + apt x 4
<i>M. viciae</i>	ausgez. cm x 16 x 0,09	ausgez. cm x 16 x 0,91	apt + L / 4	L + apt x 4

**Tab. 3.5:** Umrechnung von Befalls-Kategorien in Anzahl Blattläuse pro Pflanze; Arten, Morphen, Verpilzte

\*\* Datenbasis: Befalls-Kategorien (Punkt 3, s.o.)

Verhältnis Aptere / Larven (Punkt 1, s.o.)

Festlegung: Wenn 2 Arten auf einer Pflanze jeweils mit einer Befallskategorie geführt werden, so halbiert sich jeweils die errechnete Blattlauszahl.

**Pfl.-Höhe \*\***

Taxa	Kat. I-II	Kat. II	Kat. II-III	Kat. III	Kat. IV
apt <i>A. fabae</i>	Kat II / 2	Pfl.Höhe in cm x 13,05 x 2,5 x 0,33	Mittel Kat. II + III	Pfl.Höhe in cm x 20,47 x 2,5 x 0,33	Pfl.Höhe in cm x 30 x 2,5 x 0,33
apt <i>A. pisum</i>	Kat II / 2	Pfl.Höhe in cm x 13,05 x 0,2	Mittel Kat. II + III	Pfl.Höhe in cm x 20,47 x 0,2	Pfl.Höhe in cm x 30 x 0,2
apt <i>M. viciae</i>	Kat II / 2	Pfl.Höhe in cm x 13,05 x 0,8 x 0,09	Mittel Kat. II + III	Pfl.Höhe in cm x 20,47 x 0,8 x 0,09	Pfl.Höhe in cm x 30 x 0,8 x 0,09
L <i>A. fabae</i>	Kat II / 2	Pfl.Höhe in cm x 13,05 x 2,5 x 0,67	Mittel Kat. II + III	Pfl.Höhe in cm x 20,47 x 2,5 x 0,67	Pfl.Höhe in cm x 30 x 2,5 x 0,67
L <i>A. pisum</i>	Kat II / 2	Pfl.Höhe in cm x 13,05 x 0,8	Mittel Kat. II + III	Pfl.Höhe in cm x 20,47 x 0,8	Pfl.Höhe in cm x 30 x 0,8
L <i>M. viciae</i>	Kat II / 2	Pfl.Höhe in cm x 13,05 x 0,8 x 0,91	Mittel Kat. II + III	Pfl.Höhe in cm x 20,47 x 0,8 x 0,91	Pfl.Höhe in cm x 30 x 0,8 x 0,91
verpilzt	Kat. II - (Kat. II-III - Kat. II)	Pfl.Höhe in cm x 1,20	Mittel Kat. II + III	Pfl.Höhe in cm x 1,93	Pfl.Höhe in cm x 2,5

Zu den speziellen **Fraßfeinden** der Blattläuse zählen Marienkäfer sowie deren Larven, Florfliegenlarven, Schwebfliegenlarven und Blumenwanzen. Die Larven der Marienkäfer, Florfliegen und Schwebfliegen sind zwar mobil, halten sich aber immer in Nähe einer Blattlauskolonie auf, so dass sie relativ ortsgebunden sind, ebenso die ausschließlich auf Blattläuse spezialisierten Marienkäfer-Imagines und Blumenwanzen. Die flugaktiven Imagines der übrigen monophagen Prädatoren werden nur zufällig gezählt. Sie gehören, ebenso wie das Puppenstadium, nicht zu den fraßaktiven Formen. Als weitere Antagonisten der Blattläuse treten Schlupfwespen und entomopathogene Pilze

in Erscheinung. Beide wurden bei den Bonituren in Form von Zählungen parasitierter und verpilzter Läuse mit erfasst, die Schlupfwespen auch als Imagines gezählt. Die polyphagen Raubarthropoden lassen sich mit Hilfe der Sichtbonituren nur teilweise erfassen. Canthariden und Spinnen (und ihre Netze) wurden an den Pflanzen gezählt. Carabiden und Staphyliniden halten sich eher an der Bodenoberfläche auf und werden daher bei der Sichtbonitur nicht miterfasst. Sichtbonituren wurden in allen Versuchsjahren in allen Kulturen (Lupine und Ackerbohne, 2. Versuchshalbjahr 1999 auch Erbse) durchgeführt.

### Fangrahmen (Klebefallen)

Im Versuchsjahr 2000 wurden zur Erfassung des Zufluges von Alaten auf die Fläche im Mai ab dem 4.5.00 **Blattlausfangrahmen** (Klebefallen) eingesetzt. Es handelte sich dabei um mit Insektenleim besprühte Netze von 0,5 m<sup>2</sup> Fläche (0,5 x 1 m; Maschenweite ca. 8 x 4 mm), die auf einen dünnen Aluminiumrahmen aufgespannt waren und horizontal direkt (etwa 2 cm) über der Kultur positioniert wurden. Die Blattläuse wurden bis zum 19.5.00 alle 2 bis 4 Tage von den Netzen abgesammelt, d. h. mit Hilfe von Waschbenzin und Pinzette vorsichtig abgelöst. Nach jeder Kontrolle der Netze wurden diese wieder neu mit Insektenleim besprüht bzw. gegen neue ausgetauscht. Um die Höhe der Fangrahmen der aktuellen Pflanzenhöhe anzupassen, wurden die Rahmen mit Wäscheklammern an 4 Bambusstäben, die senkrecht in den Boden gesteckt waren, variabel befestigt. Die abgesammelten Blattläuse wurden im Labor unter dem Stereomikroskop bei maximal 105,6-facher Vergrößerung bestimmt.



**Abb. 3.6:** Blattlausfangrahmen im Winterraps 1998, in niedrigster Stellung direkt über den Pflanzen, „Stroh“-Variante

### Saugfallen

Mit Hilfe von stationären Saugfallen („Kleine Saugfalle nach TAYLOR“, Forschungstechnik und Computersysteme Gülzow, Abb. 3.7), die 1998 und 1999 zum Einsatz kamen, wurden ebenfalls anfliegende Blattläuse und deren geflügelte Antagonisten (Imagines der Schwebfliegen, Florfliegen und Marienkäfer) in der „konventionellen“ Variante und den beiden Mulchsaatverfahren erfasst. Da diese Geräte sehr teuer in der

Anschaffung sind, standen nur 3 Saugfallen zur Verfügung, so dass jeweils nur in einer Kultur beprobt werden konnte. Die Ackerbohne schien im Vergleich mit der Lupine die besseren Ergebnisse erwarten zu lassen, so dass die Fallen 1998 nach einer Woche Beprobung in der Lupinenkultur in die Ackerbohne umgesetzt und auch nicht zurückgestellt wurden. 1999 wurden sie in Ackerbohne und Erbse betrieben. Die Zahl der Wiederholungen war durch die geringe Anzahl an Fallen ebenfalls eingeschränkt. Es konnten nur 3 Parzellen (3 Varianten) gleichzeitig untersucht werden und durch den Betrieb der Fallen über Netzkabel ließ sich ihr Standort während des jeweiligen Untersuchungszeitraums nicht verändern.



**Abb. 3.7:** Kleine Saugfalle nach TAYLOR mit automatischem Probenwechsler 1999 in Ackerbohne, in niedrigster Stellung in der „Strohmulch“-Variante

Während sich in Gelbfängschalen und Klebefallen nur die Tiere fangen, die gezielt die Parzelle oder die Schale anfliegen, werden mit Saugfallen auch geflügelte Tiere in größerem Umkreis der Fläche erfasst und das in wesentlich größerer Anzahl. Die Auswertung der Proben bereitete in zweifacher Hinsicht Schwierigkeiten, einmal beim Auszählen der Fänge und dann bei der Interpretation der Ergebnisse, da die Zahl der vorkommenden Blattlausarten sich nicht auf die Kulturpflanzen eingrenzen lässt. Um nicht Tiere zu erfassen, die lediglich zufällig über die Fläche flogen, was man allerdings bei dieser Methode nicht ganz ausschließen kann, wurden die Saugfallen in der Mitte der jeweiligen Parzelle auf Bestandeshöhe (baubedingt nicht niedriger als 50 cm) betrieben.

### Clip-Cage-Versuch

Neben der Erfassung der Aphiden durch verschiedene Methoden wurde ihr Vermehrungsverhalten auch experimentell in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung im Unterschied zu den beiden Mulchsaatvarianten untersucht. Der Clip-Cage-Versuch fand 1997-1999 im Freiland statt. Dabei wurde ein Einfluss von Prädatoren auf die Blattläuse

ausgeschlossen. Die Blattlausentwicklung spiegelte lediglich die unterschiedliche Fitness der Wirtspflanzen in den drei Varianten wider.

Die Clip-Cages wurden aus jeweils 2 mit Gaze beklebten Plexiglasringen von ca. 2 cm Durchmesser, die an handelsüblichen Haarklipsen befestigt wurden, selbst hergestellt. Die Plexiglasringe wurden noch mit einer Auflage aus dickem Neoprenstoff versehen. Der Käfig war also aus zwei Hälften aufgebaut, die sich dicht um ein Pflanzenblatt schließen ließen, ohne dieses zu verletzen und ohne den sehr kleinen Blattlauslarven eine Möglichkeit zur Flucht zu bieten (Abb. 3.8).

1997 wurde Mitte August der erste Vorversuch mit Clip-Cages in Ackerbohne durchgeführt. Die „konventionelle“ und die „Strohmulch-“ Variante wurden in jeweils 3-facher Wiederholung verglichen. Dazu wurden pro Parzelle 20 Clip-Cages (2 mal 10 Clip-Cages an 2 räumlich auseinander liegenden Stellen) ausgebracht. Jeder Clip-Cage wurde mit einer 24 Stunden alten Larve der Art *Aphis fabae* bestückt und jeweils an einem Blatt einer Ackerbohnenpflanze in 1 m Pflanzenhöhe befestigt. Über 3 Tage wurde die Entwicklung der Larven verfolgt.

Ende Juni bis Mitte Juli 1998 wurde der erste Clip-Cage-Versuch in Ackerbohne durchgeführt. In jeweils 10 Clip-Cages in der Mitte jeder Parzelle (Variante) wurde je eine 24 Stunden alte Blattlauslarve von *Aphis fabae* gesetzt und ihr Wachstum und ihre Vermehrung über 3 Wochen in den 3 Bodenbearbeitungsvarianten beobachtet. Dabei war jeweils nur ein Clip-Cage an einer Pflanze befestigt.

1999 wurde der Versuch Mitte Juli bis Anfang August in Erbse wiederholt. Diesmal wurden pro Cage 3 ebenfalls 24 Stunden alte Larven von *Acyrtosiphon pisum* eingesetzt. Pro Parzelle wurden wieder 10 Clip-Cages an 10 Pflanzen in der Mitte jeder Parzelle angebracht, in 3 Wiederholungen je Anbauvariante.



**Abb. 3.8:** Clip-Cage an Erbse, Juli 1999

### 3.2.2.2 Untersuchungen an Blattlaus-Antagonisten

Bei den Bonituren der Aphiden wurden spezifische Blattlaus-Antagonisten wie Marienkäfer, Schwebfliegen, Florfliegen, Blumenwanzen und durch Schlupfwespen parasitierte Läuse miterfasst. Sichtbonituren wurden in allen Versuchsjahren in allen Kulturen (Lupine und Ackerbohne, 2. Versuchshalbjahr 1999 auch Erbse) durchgeführt.

Zu den **speziellen Fraßfeinden** der Blattläuse zählen Marienkäfer sowie deren Larven, Florfliegenlarven, Schwebfliegenlarven und Blumenwanzen. Die Larven der Marienkäfer, Florfliegen und Schwebfliegen sind zwar mobil, halten sich aber immer in Nähe einer Blattlauskolonie auf, so dass sie relativ ortsgebunden sind, ebenso die ausschließlich auf Blattläuse spezialisierten Marienkäfer-Imagines und Blumenwanzen. Die flugaktiven Imagines der übrigen monophagen Prädatoren werden nur zufällig gezählt. Sie gehören, ebenso wie das Puppenstadium, nicht zu den fraßaktiven Formen.

Als weitere Antagonisten der Blattläuse treten **Schlupfwespen** und **entomopathogene Pilze** in Erscheinung. Beide wurden bei den Bonituren in Form von Zählungen parasitierter und verpilzter Läuse miterfasst, die Schlupfwespen auch als Imagines gezählt.

Die **polyphagen Raubarthropoden** lassen sich mit Hilfe der Sichtbonituren nur teilweise erfassen. Canthariden und Spinnen (und ihre Netze) wurden an den Pflanzen gezählt. Carabiden und Staphyliniden halten sich eher an der Bodenoberfläche auf und werden daher bei der Sichtbonitur nicht miterfasst.

Jedoch galt den Prädatoren nicht das Hauptaugenmerk bei dieser Untersuchung. Die Dichte der polyphagen Prädatoren (insbesondere Carabiden, Staphyliniden und Spinnen) wurde von Vegetationsbeginn bis zur Ernte mit Hilfe von Bodenphotoeklektoren bestimmt.

Der Vorteil der **Bodenphotoeklektoren** ist darin zu sehen, dass man die Fangzahlen auf eine Fläche beziehen kann. Diese Methode hat sich zur Erfassung der Dichte epigäischer Raubarthropoden bewährt. Pro Parzelle wurde in allen Versuchsjahren mittig ein Eklektor von 0,25 m<sup>2</sup> Fläche aufgestellt, der in 14-tägigem Rhythmus geleert und umgesetzt wurde. Mit Hilfe der Kopfdose wurden alle diejenigen Tiere erfasst, die dem Licht entgegenstreben. Gelegentlich fangen sich dort auch ungeflügelte Tiere, wie z. B. Spinnen. Innerhalb des Bodenphotoeklektors wurde jeweils eine Barberfalle (ca. 8,5 cm tief, Öffnungsdurchmesser 10,5 cm) in den Boden eingelassen, mit der die epigäischen Raubarthropoden erfasst wurden, die sich zum Zeitpunkt der Aufstellung der Falle im Eklektor befanden. Blattläuse fingen sich sowohl in der Kopfdose als auch in der Bodenfalle. Doch ist diese Methode für ihre Erfassung nur bedingt geeignet, da es sehr schnell zu methodisch bedingten Artefakten kommen kann. Je nach Befallsstärke der eingeschlossenen Pflanzen und der zum Zeitpunkt des Eingrabens zufällig anwesenden Zahl von Prädatoren kann es in den 14 Tagen, in denen der Eklektor an einer Stelle steht, entweder zu einer Massenvermehrung der Läuse oder zu einem Kahlfraß an der gesamten Aphidenpopulation unter dem Eklektor kommen. Außerdem ist die Stichprobenzahl zu

gering, um eine Aussage über die Blattlausabundanzen in den verschiedenen Varianten treffen zu können; der Zufall spielt eine zu große Rolle.

Die polyphagen Prädatoren wurden aus den Proben ausgezählt und in Gruppen klassifiziert. Aus mehreren parallel zum Projekt durchgeführten Arbeiten standen ergänzende Artenlisten der Carabiden, Staphyliniden und Spinnen zur Verfügung.

### 3.2.2.3 Mikroklimadaten im Bestand

Die Witterung kann einen bedeutenden Einfluss auf die Entwicklung und die Phänologie der Blattläuse ausüben; insbesondere der Einfluss des Mikroklimas im Bestand wurde untersucht. Der Einfluss des Mulchens auf das Mikroklima und die Auswirkungen auf Blattläuse und Pflanzen wurden betrachtet. In den Jahren 1997 bis 2000 wurde im Ackerbohnenbestand an den Standorten Braunschweig und Lucklum in der gesamten Vegetationsperiode das Mikroklima in allen Varianten erfasst. 1997 erfolgte die Messung der Bodentemperatur in 5 cm Bodentiefe zunächst mit Hilfe von Thermographen. Ab Mitte Juli 1997 wurde mit automatisch arbeitenden Dataloggern mit Temperatur- und Feuchtigkeitsmessfühlern das Mikroklima (Luft- und Bodentemperatur sowie Luftfeuchte) im Pflanzenbestand minütlich aufgezeichnet, Lufttemperatur und –feuchte an der Bodenoberfläche und in 70%iger Vegetationshöhe (also dem Pflanzenwachstum angepasst, Logger auf stufenlos verstellbaren Metallständern), die Bodentemperatur in 1 und 5 cm Tiefe. Pro Variante stand ein Logger zur Verfügung. Die Logger wurden alle 14 Tage untereinander vertauscht und ihr Standort innerhalb der Parzellen leicht variiert, um eventuelle Messungenauigkeiten einzelner Messgeräte oder Standortfaktoren zu relativieren. Die Logger wurden vor dem Einsatz auf dem Versuchsfeld in der Klimakammer geeicht. Die Bodenfeuchte wurde wöchentlich durch gravimetrische Wassergehaltsbestimmung bestimmt. Daneben standen Klimawerte (Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit) einer nahe der Versuchsfläche gelegenen Wetterstation der BBA zur Verfügung.

Die Fragen, die sich bei der Betrachtung des Mikroklimas im Bestand stellten, waren:

- Gibt es Unterschiede zwischen den 3 Varianten („konv“, „Senf“, „Stroh“) hinsichtlich der Beeinflussung des Mikroklimas?
- Ist diese Beeinflussung von den allgemeinen Wetterbedingungen bedingt?

Bei der Ermittlung von Varianten-Unterschieden wurde zum einen der Jahresverlauf unter Einbeziehung der Vegetationsentwicklung, zum anderen der tageszeitliche Verlauf betrachtet.

Die Fragen, die sich beim tageszeitlichen Verlauf stellten, waren:

- Stellen sich eventuelle Unterschiede zwischen den 3 Bodenbearbeitungsvarianten bei Tag oder Nacht unterschiedlich dar?

- Gibt es Unterschiede in der Wirkungsweise der 3 Varianten bei verschiedenen Tagestemperaturen?

Dazu wurden die Tage in 4 Temperatur-Kategorien unterschieden, die sich an der unterschiedlichen Tageshöchsttemperatur (gemessen in einer Standard-Wetterhütte in 2 m Höhe) orientierten; diese lag entsprechend der meteorologischen Definitionen des Deutschen Wetterdienstes bei :

- „Kalt“:  $<20\text{ °C}$
- „normal“:  $20\text{-}25\text{ °C}$
- „warm“:  $25\text{-}30\text{ °C}$
- „heiß“:  $>30\text{ °C}$

In die Auswertung gingen hier die Stunden von 9:00 bis 18:00 Uhr („Tag“) ein. Verglichen wurden die 3 Versuchsjahre 1998-2000 mit allen Tagen in folgenden Zeiträumen: 1.5.-31.8.1998 (123 Tage), 30.4.-15.8.1999 (108 Tage) und 9.5.-2.8.2000 (86 Tage).

### **Allgemeine Charakterisierung der Versuchsjahre 1997-2000**

**1997** war im Vergleich zum langjährigen Mittel (Tab. A.25 im Anhang) ein mäßig trockenes Jahr mit sehr viel Sonne und milden Temperaturen (Tab. 3.6). Auf ein sehr mildes, feuchtes Frühjahr folgten ein warmer, relativ trockener Sommer mit heißem und trockenem August und ein kalter und feuchter Herbst / Winter mit sehr kaltem und trockenem Januar (Tab. A.26 im Anhang).

**1998** wies ein verregnetes Frühjahr und einen Sommer und Herbst mit weniger Sonnenschein als im langjährigen Durchschnitt sowie 1997 und 1999 auf, zudem eine deutlich niedrigere Globalstrahlung. Sommer und Herbst waren kühl. In den niederschlagsarmen Wintermonaten waren die Temperaturen allerdings mild und mit den beiden trockenen Jahren 1997 und 1999 vergleichbar. Hier schien auch öfter die Sonne als während des Sommers (Tab. 3.6 u. Tab. A.27 im Anhang).

**1999** war es noch trockener als 1997, mit sehr viel weniger Niederschlag als im langjährigen Durchschnitt und sehr hoher Verdunstungsrate. Die Temperaturen sowie die Globalstrahlung waren höher als 1997, die Sonnenstunden etwas geringer, wobei 1999 Frühjahr und Sommer trocken und warm waren, der Winter recht mild mit reichlich Niederschlag (Tab. 3.6 u. Tab. A.28 im Anhang).



**Tab. 3.6:** Abweichung verschiedener Klimawerte vom langjährigen Durchschnitt (1961-1990) in den Jahren 1997-2000; aus: Agrarmeteorologischer Wochenbericht Braunschweig, Herausgeber: Deutscher Wetterdienst, Agrarmeteorologische Forschung Braunschweig, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

	Langjähriger Durchschnitt 1961-1990 Jahres- mittel/-summe	Abweichung vom langjährigen Mittel / Summe				
		1997	1998	1999	2000	2001
Lufttemperatur [°C] in 2 m Höhe	8,9	+0,6	+0,8	+1,5	+1,7	+2,6
Tiefste Temperatur am Erdboden [°C]	3,4	+0,6	+1,7	+1,5	+2,0	+0,8
Sonnenscheindauer (Stunden)	1514	+306	-172	+216	+55	-28
Globalstrahlung [J/cm²]	351290	+39128	-10866	+45803	+13816	+14191
Rel. Luftfeuchtigkeit [%]	78	-1	+1	-2	-2	+3
Niederschlag [mm]	619	-32	+113	-83	-75	+105
Verdunstung [mm]	541	+83	-24	+148	+96	+34

**2000** waren die Temperaturen mit Ausnahme des Julis in allen Monaten höher als im langjährigen Mittel. Es war ein warmes und trockenes Jahr mit viel Sonne, lediglich zum Ausgang des Winters bei milden Temperaturen recht regenreich (Tab. 3.6 u. Tab. A.29 im Anhang).

**2001** war ein warmes, niederschlagsreiches Jahr mit insgesamt weniger Sonnen-Stunden als im langjährigen Mittel (Tab 3.6 u. Tab. A.30 im Anhang). Die Globalstrahlung war 2000 und 2001 vergleichbar und lag etwas höher als das langjährige Mittel (Tab 3.6).

#### 3.2.2.4 Pflanzenentwicklung, Unkräuter, Pflanzenschäden, Erträge

Das **Wachstum der Kulturpflanzen** wurde in allen Versuchsjahren über die gesamte Vegetationsperiode bonitiert. Ca. 2 Wochen nach Aussaat (beginnender Auflauf) und noch einmal an 4 weiteren Terminen bis zu 2 Monaten danach erfolgte eine Auflaufbonitur (mittlere Anzahl Pflanzen / m²) von Ackerbohne, Lupine und 1999 auch Erbse. Die Erhebung von Entwicklungsstadium (EC-Wert = BBCH-Wert, s. Kap. 9.3.2 im Anhang) und Wuchshöhe erfolgte vom Auflaufen der Saat an, 1997 und 1998 in 2-wöchentlichem, 1999 und 2000 in wöchentlichem Abstand an jeweils 50 Pflanzen (2000: 25 Pflanzen) pro Parzelle. 1999 und 2000 wurden die Entwicklungsdaten jeweils parallel zu den Sichtbonituren erhoben, um den Zusammenhang zwischen Blattlausbefall und Zustand der einzelnen Kulturpflanze im Bestand ermitteln zu können.

Eine **Unkrautbonitur** wurde 1997 und 1998 jeweils im Juli durchgeführt. Dazu wurde ein 0,5-m<sup>2</sup>-Rahmen 5-mal pro Parzelle zufällig aufgelegt. Die Bonitur erfolgte pro Variante in 4-facher Wiederholung. Dabei wurden die Arten der Unkräuter und ihre Dichten in den verschiedenen Varianten ermittelt.

Ebenso wurde das Auftreten von **Krankheiten** an den Kulturpflanzen erfasst. Vor allem 1998 traten im Ackerbohnen- und Lupinenbestand massiv Virus- und Pilzkrankheiten auf. In der Lupine führte vor allem die Anthraknose zu einem beinahe totalen Ernteverlust. Um die Krankheitssymptome an den Kulturpflanzen mit einem bestimmten Virus in Verbindung zu bringen, wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie und biologische Sicherheit der Biologischen Bundesanstalt in Braunschweig, Labor Dr. Vetten, das ELISA-Testverfahren durchgeführt. Auch 1999 traten wieder Virussymptome auf, die jedoch längst nicht die gleiche Verbreitung wie im Vorjahr erreichten. Es gab allerdings durch die Verwendung gebeizten Saatgutes 1999 kein Anthraknose-Problem.

#### **Nachweis von 2 Pflanzenviren (BYMV, BLRV) mit Hilfe des ELISA-Testverfahrens**

Mit Hilfe von 2 verschiedenen ELISA-Testverfahren, dem direkten DAS-ELISA und dem indirekten TAS-ELISA wurden Ackerbohnen- und Lupinenpflanzen 1998 auf das Auftreten zweier bei Leguminosen bedeutsamer Pflanzenviren getestet: dem **bean yellow mosaic virus** (BYMV) und dem **bean leaf roll virus** bzw. **pea leaf roll virus** (BLRV). Das ELISA-Verfahren (enzyme-linked immunosorbent assay) verwendet Enzyme als Marker für Immunreagentien, d. h., die Immunreaktion wird nicht direkt sichtbar, sondern durch die Aktivität eines Enzyms bei der Substratspaltung, was den Test hochempfindlich macht (CASPER 1977). Das Prinzip wurde erstmals von ENGVALL & PERLMANN (1971) beschrieben und von CLARK & ADAMS (1976) sowie von CLARK et al. (1976) in größerem Umfang zum Nachweis pflanzenpathogener Viren verwendet.

Zur Ermittlung des quantitativen Virusbefalls von Ackerbohne und Lupine wurden an 2 Terminen (Anfang und Ende August 1998) randomisiert über die gesamte Fläche verteilt sowie an festgelegten Rasterpunkten auf der Versuchsfläche insgesamt 900 Pflanzen entnommen und aus dem Blattmaterial durch Mörsern in Puffer (phosphatgepufferte physiologische Kochsalzlösung PPK + Tween) Rohsaft gewonnen. Der Test wurde auf Mikrotiterplatten mit 96 Vertiefungen durchgeführt, von denen, um Randeffekte zu vermeiden, nur die inneren 72 genutzt wurden. Zur Erhöhung der Testsicherheit wurden pro Probe jeweils 2 Vertiefungen verwendet und die Proben gegen Puffer, gesunde Pflanze und reines Virus getestet. Für den Test auf den Potyvirus BYMV wurde der direkte DAS-ELISA mit Hilfe virusspezifischer polyklonaler Antikörper aus Kaninchen verwendet. Der Luteovirus BLRV wurde mit Hilfe des indirekten TAS-ELISA mit 2 verschiedenen monoklonalen Antikörpern (6G4 und 5G4), die in Mäusen gebildet worden waren, nachgewiesen. BLRV-2-5G4-H9-D3 wirkt dabei gruppenspezifisch, d. h., er weist auch Beat western Viren nach, während BLRV-4-6G4-C10-F12-D10 virusspezifisch wirkt und

nur Bean leaf roll Viren nachweist. Zusätzlich zum direkten DAS-ELISA kam beim indirekten TAS-ELISA-Verfahren neben den virusspezifischen Antikörpern aus Kaninchen und Maus noch ein tierspezifischer Antikörper aus Kaninchen anti Maus zum Einsatz. Ansonsten sind beide Verfahren vergleichbar, wobei der TAS-ELISA genauere Ergebnisse liefert und bei Viren Anwendung findet, die sich nicht so leicht nachweisen lassen. Bei beiden ELISA-Verfahren spaltet das angelagerte Enzym das farblose p-Nitrophenylphosphat (Substrat) in Phosphat und gelbes Nitrophenol. Die nach einer bestimmten Zeit freigesetzte Nitrophenolmenge ist proportional der Phosphatase-Aktivität und kann aufgrund seiner gelben Farbe bei 405 nm photometrisch bestimmt werden. Je intensiver die Gelbfärbung, desto höher ist die Viruskonzentration in der untersuchten Probe.

Der Virusnachweis in Ackerbohne und Lupine wurde mit verschiedenen Intentionen durchgeführt. Die Entnahme von Pflanzenmaterial in räumlichem Querschnitt auf der Ackerfläche sollte zunächst einen Überblick über das Auftreten von Pflanzenviren in den beiden Kulturen geben, mit Art des Virus und prozentualem Befall der Fläche. In Ackerbohne wurden zudem vor Durchführung des ELISA-Testes 5 verschiedene Schadbild-Typen der Blätter festgelegt, die den aus der Literatur bekannten Kennzeichen der beiden Virose (Gewöhnliches Ackerbohnen- und Erbsenmosaik durch BYMV; Blattroll- oder Vergilbungskrankheit durch BLRV) entsprachen. Mit Hilfe des ELISA-Testverfahrens konnten die Schadbild-Typen den Pflanzenviren zugeordnet werden, was eine spätere Abschätzung des Virusbefalls durch Sichtbonitur möglich machen sollte. Stark vergilbtes Blattmaterial wurde zusätzlich auf BLRV getestet. Die Entnahme von Pflanzenproben an Rasterpunkten in den drei Bodenbearbeitungsvarianten („konventionell“, „Senf“, „Stroh“) machte schließlich einen Vergleich der Varianten auf die Art und Stärke des Virusbefalls möglich.

Die **Ernte** von Ackerbohne, Lupine und 1999 auch Erbse (statt Lupine) erfolgte in allen Versuchsjahren Ende August. An 50 Pflanzen pro Parzelle wurden hier Gesamterntegewicht, Tausendkorngewicht, Anteil unreifer Hülsen, BBCH-Stadium sowie Wuchshöhe der geernteten Pflanzen ermittelt.

### 3.2.2.5 Statistische Auswertung

Durch statistische Auswertungsmethoden wurden die 3 Bodenbearbeitungs-Varianten („konventionell“, „Senf“, „Stroh“) auf Unterschiede in der Blattlausdichte, Pflanzenhöhe, Pflanzendichte, Ernteertrag, Erntequalität oder in mikroklimatischen Parametern, wie Temperatur und Feuchte, untersucht. Die Analysen wurden mit Hilfe der Statistikprogramme SPSS für Windows, Version 15.0 der Firma SPSS inc. und StatView Version 5.0 (Abacus Concepts, Kalifornien, USA 1992) durchgeführt.

Um Unterschiede zwischen den 3 Versuchsvarianten zu analysieren, wurde die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) als Test auf Signifikanz von

Mittelwertdifferenzen eingesetzt (ARMSTRONG & HILTON 2004). Durch Vergleich der Varianzen (Streuungen) wurde hierbei berechnet, ob sich die Versuchsvarianten in ihren Werten signifikant ( $P\text{-Value} < 0,05$ ) unterschieden. Die Varianten fungierten als Faktoren und als abhängige Variable wurden die ermittelten Blattlausdichten, Pflanzenhöhen oder andere erhobene Daten eingesetzt. Um zu überprüfen, ob und welche Varianten sich in ihren Mittelwerten signifikant unterschieden, wurde im Anschluss an die ANOVA Fisher's Protected Least Significant Difference (PLSD) Test als Post-Hoc-Test durchgeführt (HILTON & ARMSTRONG 2006). Mit Hilfe des Fisher's PLSD Tests werden sämtliche Gruppen paarweise auf Basis einer multiplen t-Statistik verglichen. Die Datengruppen müssen dabei nicht die gleiche Mächtigkeit aufweisen.

Regressionsmodelle wurden eingesetzt, um die Stärke des Zusammenhangs zwischen einer unabhängigen Variable und einer von dieser abhängigen Variable darzustellen. Dabei interessierte die Frage, ob ein Zusammenhang zwischen dem Blattlausbefall und dem Pflanzenwachstum besteht. Für die Versuchsjahre 1998 bis 2000 wurde zur Hauptbefallszeit der Blattläuse im Juni und Juli von jeweils 50 Pflanzen pro Parzelle (200 Pflanzen pro Variante) und Datum die Wuchshöhe gemessen sowie die Blattlausdichte ermittelt. Über das Bestimmtheitsmaß  $r^2$  wurde die Güte des Zusammenhanges zwischen den eingesetzten Variablen ermittelt (LEYER & WESCHE 2007). Die Analysen wurden mit einem Signifikanzniveau ( $P\text{-Value}$ ) von 0,05 durchgeführt. Als unabhängige Variable wurde die Anzahl Blattläuse pro Pflanze eingesetzt, als abhängige Variable die gemessene Pflanzenhöhe getestet. Es wurde mit einer linearen Regression gearbeitet. Nach Parzelle und Datum getrennt wurden für die 3 Versuchsjahre jeweils Regressionsgeraden mit ihrer Steigung sowie der Korrelationskoeffizient ermittelt. Die einzelnen Parzellen einer Variante zeigten keine Unterschiede, die z. B. durch Inhomogenität der Versuchsfläche bedingt sein konnten, so dass die Ergebnisse der Parzellen jeweils zu einem Varianten-Mittelwert zusammengefasst werden konnten.

### 3.3 Feldversuch mit Winterraps im Herbst 1999 und 2000

Es ist bekannt, dass Blattläuse das Wasserrübenvergilbungsvirus (TuYV) im Raps übertragen können und dass dieses Virus den Ertrag reduzieren kann (GRAICHEN & SCHLIEPHAKE 1996). Im Herbst wird der Raps hauptsächlich von den Blattlausarten *Brevicoryne brassicae* und *Myzus persicae* besiedelt. Beide können das TuY-Virus systemisch übertragen (SCHLIEPHAKE et al. 2000). Um den Blattlaus- und den Virusbefall zu reduzieren, können Saatgutbehandlungen mit systemischen Wirkstoffen (z. B. Imidacloprid), Spritzanwendungen mit Insektiziden oder alternative Methoden wie Mulchen genutzt werden. Zur Nutzung von Mulchsaatverfahren als Möglichkeit der Verminderung der Blattlausdichten und Virusübertragung im Vergleich zur Wirksamkeit von verschiedenen Pflanzenschutzmitteln wurden dreijährige Feldversuche (1998-2000)

angelegt (HEIMBACH & EGGERS 2002), von denen in der vorliegenden Untersuchung Teilergebnisse aus 2 Jahren vorgestellt werden.

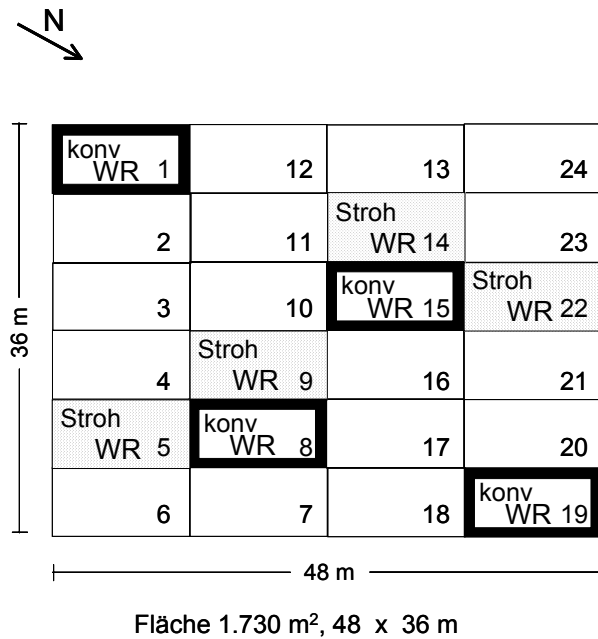
### 3.3.1 Anlage der Versuchsfläche

In der Nähe von Braunschweig (bei Salzdahlum) wurden zwischen 1998 und 2000 Feldversuche mit der Winterrapssorte 'Mohican' durchgeführt. Es wurde, wie auch bei den Versuchen mit Ackerbohne, „konventionelle“ Bodenbearbeitung mit Herbstfurche (s. Kap. 3.2.1) mit Mulchsaat verglichen. Als Mulch wurde nach der Saat, aber vor dem Auflaufen des Rapses, eine dünne Strohschicht (100 bis 200 g / m<sup>2</sup>) von Hand ausgebracht. Das Saatgut war in beiden Varianten mit den gleichen Pflanzenschutzmitteln in gleicher Konzentration behandelt. Im Unterschied zum Versuch in Ackerbohne wurde neben dem Fungizid (Thiram) noch ein Insektizid (Isofenphos) aufgebracht. Im Versuchsjahr 2000 wurden „konventionelle“ und „Stroh“-Variante noch mit dem im Test wirksamsten Aphizid 'PONCHO' verglichen (Tab. 3.7).

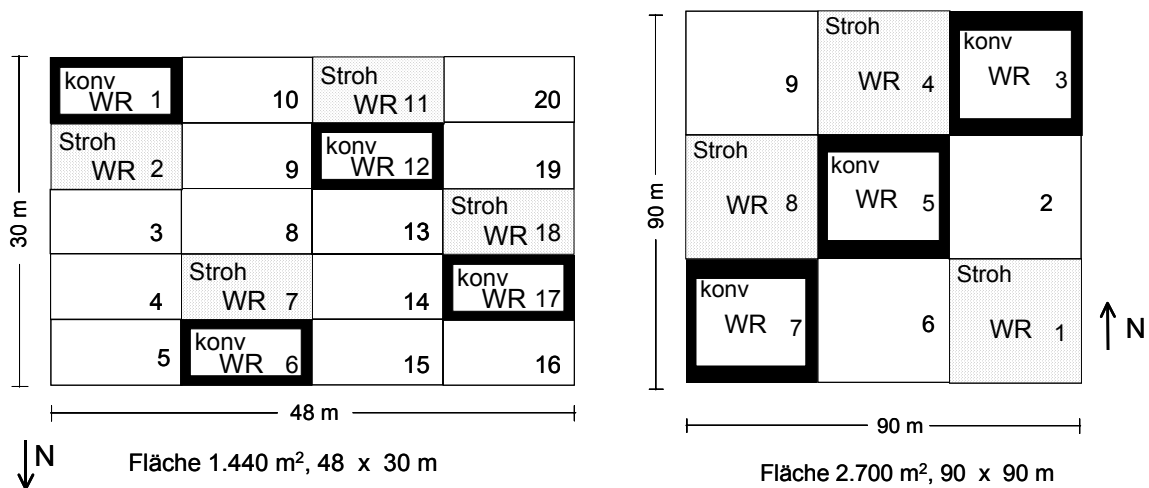
**Tab. 3.7:** Raps 1999, 2000: Art der Pflanzenschutzmaßnahmen

Variante	Saatgutbehandlung	gAS / kg Saat	andere Behandlungen
„konventionell“	Isofenphos + Thiram	16 + 4,4	--
„Stroh“	Isofenphos + Thiram	16 + 4,4	Stroh, 100-200 g/m <sup>2</sup>
'PONCHO'	Imidacloprid+ β-Cyfluthrin + Thiram	2 + 2 + 4,4	--

Die Parzellengröße betrug etwa 70 m<sup>2</sup> (6 x 12 m). Zwischen den Parzellen mit Pflanzenschutzmittelbehandlung wurden die beiden Varianten „konventionell“ und „Stroh“ jeweils in 4-facher Wiederholung angelegt (Abb. 3.9). Im Jahr 2000 wurden auf demselben Feld neben den 70-m<sup>2</sup>-Parzellen zusätzlich Großparzellen von ca. 1000 m<sup>2</sup> (30 x 30 m) mit 3 Wiederholungen angelegt (Abb. 3.10). Die Aussaat des Winterrapses in den Kleinparzellen erfolgte Ende August (26.8.99, 24.8.00) mit einem Reihenabstand von 22,5 cm und einer Saattiefe von 2,5 cm mit einer kleinen Versuchsdrillmaschine (2 m breit). In den Großparzellen des Jahres 2000 wurde die Saat einen Tag später als in den Kleinparzellen mit konventioneller 3 m breiter Drilltechnik ausgebracht.



**Abb. 3.9:** Versuchsplan 1999; Winterraps (zwischen Sickinge und Hötzing); Anordnung der Varianten



**Abb. 3.10:** Versuchsplan 2000; Winterraps (Salzdahlum); Anordnung der Varianten im Kleinparzellenversuch (links) und Großparzellenversuch (rechts)

### 3.3.2 Erhebungen im Bestand

Vom 3.9. bis zum 20.9.1999 wurden in allen Parzellen wöchentlich 4-mal 2-m-Reihen abgesteckt und der **Auflauf** bonitiert, d. h., es erfolgte eine Zählung der Pflanzen je 2-m-Strecke 16-mal je Variante. Es folgte noch eine Stoppelbonitur nach der Ernte am 24.7.2000. Für die Stoppelbonitur wurden je Parzelle 3-mal je 1-m-Strecken ausgezählt, es erfolgten also 12 Wiederholungen je Variante.

Nach Auflauf der Rapspflanzen wurden 1999 zur Erfassung des Zufluges von alaten Blattläusen ab dem 3.9.1999 bei einem EC-Wert von 10 (Keimblatt-Stadium) **Blattlausfangrahmen** eingesetzt (s. Kap. 3.2.2.1). Sie wurden horizontal etwa 2 bis 10 cm über der Kultur aufgestellt. Die Blattläuse wurden bis zum 15.10.1999 alle 3 bis 4 Tage von den Netzen abgesammelt. Es erfolgte keine Artbestimmung.

Vom 14.9. bis 30.11.1999 wurden zusätzlich alle 3 bis 7 Tage **Blattlaus-Sichtbonituren** durchgeführt. Dazu wurden je nach Befallsstärke und Größe der Pflanzen an jeweils 10 bis 30 Rapspflanzen pro Parzelle, also an 40 bis 120 Pflanzen pro Variante, die Anzahl der Blattläuse ermittelt, wobei zwischen den Morphen (Imago alat / apter und Larven) und an vielen Terminen auch den Arten unterschieden wurde. Zur Artbestimmung wurden die Blattläuse während der Bonitur stichprobenartig abgesammelt oder zusätzlich alate Blattläuse quer über die Fläche aufgesammelt und im Labor unter dem Stereomikroskop bestimmt.

Im Anbaujahr **2000** wurden sowohl im Kleinparzellen- als auch im Großparzellen-Versuch **Blattlausfangrahmen** aufgestellt und **Blattlaus-Sichtbonituren** durchgeführt (s. Kap. 3.2.2.1). Die Bonituren erfolgten in beiden Versuchen an den gleichen Tagen. Die Blattlauszählungen an den Pflanzen (Sichtbonituren) wurden vom 11.9. bis 29.11. wöchentlich an zunächst 25 Pflanzen pro Parzelle, später weniger (ab 16.10. an 20 Pfl. / Parz., ab 23.10. an 10 Pfl. / Parz.), jeweils in der Mitte der Parzelle links und rechts der Fahrgasse durchgeführt. Die Fangrahmen wurden in der Zeit vom 4.9. bis 26.10. alle 2 bis 4 Tage kontrolliert.

### 3.3.3 Test von Winterraps auf Virusbefall mittels ELISA

#### Raps 1999

Der Anteil mit dem Wasserrübenvergilbungsvirus (Turnip yellows virus TuYV) befallener Pflanzen wurde mittels ELISA an 25 Pflanzen, die jeweils aus dem mittleren Bereich der Parzellen entnommen wurden, im Herbst und nochmals im darauffolgenden Frühjahr ermittelt. Die Tests wurde im Labor Dr. Graichen, Institut für Epidemiologie und Resistenz der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ), Aschersleben, mittels Tissue-print-assay-ELISA durchgeführt.

Am 30.11.99 wurden von der Versuchsfläche in Braunschweig 25 Blätter von 25 Pflanzen je Parzelle für den Virus-Test entnommen und am 9.12.99 untersucht (ELISA im Herbst 1999). Die Blattproben wurden jeweils rechts und links von den 2 Zwischenwegen in jeder Parzelle entnommen. Es wurde jeder 7. Pflanze jeweils 1 Blatt entfernt, so dass auch besonders große oder kleine Pflanzen beprobt wurden. Für einen 2. ELISA-Test im Frühjahr 2000 wurden am 17.5.00 je Parzelle 25 Rapsschoten entnommen und die Untersuchung auf TuYV-Befall im oben genannten Labor am 23.5.00 vorgenommen.

## Raps 2000

Im Herbst 2000 wurden in den **Großparzellen** von 1000 m<sup>2</sup> in Drillrichtung 12 Pflanzen für die Virusbestimmung je etwa 3 m von den Parzellenrändern entfernt und in der Parzellenmitte entnommen. Im Frühjahr 2001 wurden auf einem Transekt von einem Rand der Großparzelle zum anderen quer zur Drillrichtung an 14 Messpunkten je 5 Pflanzen etwa alle 2 m gezogen, um so eventuelle Randeffekte im Virusbefall zu ermitteln.

In **Kleinparzellen** wurden 25 Pflanzen je Parzelle auf TuYV-Befall getestet.

### 3.3.4 Ernte

#### Raps 1999 (Kleinparzellen)

Die gesamten Parzellen wurden in 3 Teilstücken ( $3 \times 19 \text{ m}^2 = 57 \text{ m}^2$ ) abgeerntet. Am 13.7.00 erfolgte die Ernte des mittleren Beetes jeder Parzelle, am 17.7.00 wurde die Beerntung des Versuches mit den restlichen Beeten abgeschlossen.

#### Raps 2000 (Klein- und Großparzellen)

Die Erträge wurden mit Kleinparzellendreschern von 2 m Breite ermittelt. Die Ernte der **Kleinparzellen** erfolgte am 23.7.01 jeweils 3-mal auf einer 9,7 m-Strecke ( $3 \times 19,4 \text{ m}^2$ ) pro Parzelle. In den **Großparzellen** wurden mehrere Teilstücke je Parzelle beerntet. Die Ernte in den Großparzellen erfolgte am 21.7.01. Dabei wurde 5-mal eine 10,4 m-Strecke ( $5 \times 20,8 \text{ m}^2$ ) pro Parzelle beerntet.



## 4 ERGEBNISSE

### Ergebnisse der Feldversuche mit Ackerbohne und Lupine (Erbse) 1997-1999 sowie Ackerbohne 2000

#### 4.1 Blattläuse

Die Blattlausphänologie läßt sich in 3 Phasen unterteilen, die wie folgt benannt wurden:

1. **“Besiedlungs-Phase”**: im April Abflug zu den Sommerwirten, ab Mitte Mai Besiedlung der Kulturpflanzenbestände
2. **“Etablierungs-Phase”**: parthenogenetische Vermehrung auf der Wirtspflanze mit Höhepunkt in der 2. und 3. Julidekade, sommerlicher Befallsflug innerhalb des Bestandes durch zunehmende Raumkonkurrenz
3. **“Reduktions-Phase”**: natürliche Befallsdepression, zurückzuführen auf zunehmende Reife der Pflanze und zunehmende Raumkonkurrenz bei den Aphiden

##### 4.1.1 Blattlausarten

In allen vier Versuchsjahren 1997-2000 traten hauptsächlich 3 Blattlausarten, in etwas unterschiedlicher Dominanzstruktur, auf: Die Schwarze Bohnen- oder Rübenblattlaus *Aphis fabae*, die Grüne Erbsenlaus *Acyrtosiphon pisum* und die Wickenlaus *Megoura viciae*.

##### 4.1.1.1 Gesamtartenliste

In Tab. 4.1 sind nur die Blattlausarten zusammengestellt, die mit Hilfe von Gelbfangschalen und Sichtbonituren in Ackerbohne 1998-2000 erfasst wurden. Im Anhang (Tab. A.1, A.2) finden sich darüber hinaus auch die Arten, die in den Kulturen Lupine (L) und Erbse (E) dazukamen, sowie einige zusätzliche Arten, die in Saugfallenfängen gefunden wurden.

**Dominanz** nach ENGELMANN (1978)

eudom	=	eudominant	32,0 - 100 %	Hauptarten
dom	=	dominant	10,0 - 31,9 %	
subdom	=	subdominant	3,2 - 9,9 %	
rez	=	rezedent	1,0 - 3,1 %	„Begleitarten“
subrez	=	subrezedent	0,32 - 0,99 %	
spor	=	sporadisch	unter 0,32 %	

**Tab. 4.1a:** Feldversuche mit Ackerbohne 1998-2000: Artenliste der Blattläuse; sicher bestimmte Arten in Gelbfangschalen und Blattlaus-Sichtbonitur; vgl. Tab. 3.3 in Kap. 3.2.2

Nr.	Blattlaus-Art	GFS 1998 29.4.-17.5.98 nur alat % Dominanz	BL-Bon 1998 5.5.-17.8.98 n = 57021 % Dominanz	GFS 1999 20.5.-1.7.99 nur alat % Dominanz	BL-Bon 1999 25.5.-28.7.99 n = 241337 % Dominanz	BL-Bon 2000 4.5.-29.6.00 n = 143541 % Dominanz
1	<i>Acyrtosiphon loti</i>	0,31	spor	13,06	dom	
2	<i>Acyrtosiphon malvae</i>	0,11	spor	2,00	rez	
3	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	0,69	subrez	8,06	subdom	AP+AL+L
4	<i>Adelges</i> spp.	0,04	spor			
5	<i>Amphorophora rubi</i>	0,04	spor	0,15	spor	
6	<i>Anoecia</i> spp.	0,04	spor	0,15	spor	
7	<i>Anoecia corni</i>			0,23	spor	
8	<i>Anuraphis farfarae</i>	0,04	spor	3,61	subdom	
9	<i>Aphis acetosae</i>			0,31	spor	nur AL
10	<i>Aphis craccivora</i>			11,90	dom	
11	<i>Aphis fabae</i>	40,78	eudom	4,38	subdom	AP+AL+L
12	<i>Aphis frangulae</i>	0,19	spor	1,00	rez	
13	<i>Aphis idaei</i>			1,77	rez	
14	<i>Aphis nasturtii</i>	0,23	spor	2,53	rez	
15	<i>Aphis pomi</i>	0,08	spor	0,38	subrez	
16	<i>Aphis rumicis</i>			3,76	subdom	
17	<i>Aphis sambuci</i>	0,23	spor	0,84	subrez	
18	<i>Aphis viburni</i>			0,08	spor	
19	<i>Aphis</i> spp.			0,08	spor	
20	<i>Atheroides serrulatus</i>			1,15	rez	
21	<i>Aulacorthum solani</i>	0,23	spor	0,31	spor	
22	<i>Brachycaudus cardui</i>	0,15	spor	0,15	spor	
23	<i>Brachycaudus helichrysi</i>	13,15	dom	0,08	spor	
24	<i>Brachycolus cerastii</i>			0,08	spor	
25	<i>Brevicoryne brassicae</i>	0,08	spor	0,38	subrez	
26	<i>Capitophorus carduinus</i>	0,11	spor	0,46	subrez	
27	<i>Capitophorus elaeagni</i>	0,11	spor	0,31	spor	
28	<i>Capitophorus hippophaes</i>	0,77	subrez	0,61	subrez	
29	<i>Capitophorus horni</i>	0,11	spor			
30	<i>Capitophorus similis</i>	0,96	subrez			
31	<i>Capitophorus</i> spp.	0,04	spor			
32	<i>Cavariella aegopodii</i>	23,92	dom	1,15	rez	
33	<i>Cavariella pastinaceae</i>			1,15	rez	
34	<i>Cavariella theobaldi</i>	0,11	spor	1,15	rez	
35	<i>Ceruraphis eriophori</i>	0,04	spor			
36	<i>Cinara</i> spp.	0,15	spor			
37	<i>Cryptomyzus galeopsidis</i>	0,73	subrez			
38	<i>Cryptomyzus ribis</i>			0,31	spor	
39	<i>Dactynotus</i> spp.			0,23	spor	

>spor \* nur AL

>spor \* nur AL

>spor \* nur AL

**Tab. 4.1b:** Feldversuche mit Ackerbohne 1998-2000: Artenliste der Blattläuse; sicher bestimmte Arten in Gelbfangschalen und Blattlaus-Sichtbonitur; vgl. Tab. 3.3 in Kap. 3.2.2

Nr.	Blattlaus-Art	GFS 1998 29.4.-17.5.98 nur alat % Dominanz	BL-Bon 1998 5.5.-17.8.98 n = 57021 % Dominanz	GFS 1999 20.5.-1.7.99 nur alat % Dominanz	BL-Bon 1999 25.5.-28.7.99 n = 241337 % Dominanz	BL-Bon 2000 4.5.-29.6.00 n = 143541 % Dominanz	Morphe
40	<i>Dactynotus tussilaginis</i>			0,23	spor		nur AL
41	<i>Drepanosiphum platanoides</i>						spor
42	<i>Dysaphis crataegi</i>	0,61	subrez				
43	<i>Dysaphis plantaginea</i>	0,38	subrez	0,15	spor		
44	<i>Dysaphis pyri</i>	1,84	rez	0,31	spor		
45	<i>Dysaphis ranunculi</i>	0,11	spor	0,15	spor		
46	<i>Dysaphis</i> spp.	0,04	spor	0,08	spor		
47	<i>Eriosoma ulmi</i>						
48	<i>Hyalopterus pruni</i>	3,07	rez	2,30	rez		
49	<i>Hyperomyzus lactucae</i>	0,08	spor				
50	<i>Jacksonia papillata</i>	0,04	spor	0,08	spor		
51	<i>Liosomaphis berberidis</i>			1,08	rez		
52	<i>Macrosiphoniella persequens</i>			0,08	spor		
53	<i>Macrosiphoniella sejuncta</i>	0,04	spor				
54	<i>Macrosiphoniella tapuskae</i>	0,69	subrez	3,61	subdom		
55	<i>Macrosiphum euphorbiae</i>			0,08	spor		
56	<i>Macrosiphum rosae</i>			0,08	spor		
57	<i>Megoura viciae</i>	0,04	spor	0,69	subrez	5,9	subdom
58	<i>Megoura viciae</i>			7,60	subdom		AP+AL+L
59	<i>Metopolophium dirhodum</i>			0,08	spor		
60	<i>Myzodius modestum</i>	0,15	spor	0,08	spor		
61	<i>Myzus ascalonicus</i>			0,08	spor		
62	<i>Myzus cerasi</i>	0,34	subrez	0,08	spor		
63	<i>Myzus certus</i>	0,11	spor	0,08	spor		
64	<i>Myzus ornatus</i>	1,42	rez	0,08	spor		
65	<i>Myzus persicae</i>	0,61	subrez	0,08	spor		
66	<i>Nasonovia ribisnigri</i>			1,08	rez		
67	<i>Neonasonovia picridis</i>			0,46	subrez		
68	<i>Ovatus insitus</i>	0,04	spor	0,08	spor		
69	<i>Pemphigus</i> spp.	0,31	spor	0,15	spor		spor
70	<i>Periphyllus testudinaceus</i>			1,38	rez		nur AL
71	<i>Protrama flavescens</i>			6,91	subdom		
72	<i>Protrama ranunculi</i>	0,04	spor				
73	<i>Phyllaphis fagi</i>	0,69	subrez	0,15	spor		
74	<i>Rhopalosiphum insertum</i>	5,17	subdom	3,46	subdom		
75	<i>Rhopalosiphum padi</i>						
76	<i>Sitobion avenae</i>			0,08	spor		
77	<i>Sitobion fragariae</i>			0,08	spor		
78	<i>Uromelan</i> spp.						

Tab. 4.1a:

- \* - bei der Sichtbonitur 1998 u. 99 verteilten sich 0,007 % der gefundenen Individuen auf die übrigen (nicht zu den 3 Hauptarten gehörenden) Arten, 2000 waren es 0,001 % übrige Arten
- diese übrigen Arten wurden durch Handabsammlungen teilweise determiniert: es handelte sich ausschließlich um nicht siedelnde, alate Blattläuse, die in der Tabelle mit spor (=sporadisch) gekennzeichnet sind; sie wurden bei den Handabsammlungen bis auf *Brachycaudus helichrysi* nur in Einzelexemplaren gefunden
- >spor: *Brachycaudus helichrysi* wurde bei den Handabsammlungen nicht nur als Einzelexemplar gefunden, sondern war mit insgesamt 13 (1998) bzw. 6 (2000) Individuen vertreten

Was man in Tab. 4.1 sehen kann, ist zum einen ein Methodenvergleich zwischen Gelbfangschalen und Sichtbonituren. Die Sichtbonitur lieferte die genaueren Ergebnisse, da hierbei vor allem die siedelnden Arten erfasst wurden. Das heisst, es konnte die Anzahl Aptere (AP) und Larven pro Pflanze ermittelt werden und auch, aber nicht nur, die alaten Blattläuse (AL), wie mit Hilfe von Gelbfangschalen. Es kristallisierten sich hierbei in allen Versuchsjahren drei Ackerbohne besiedelnde Hauptarten heraus, die mit der höchsten Anzahl an apteren Tieren und Larven vertreten waren. Es waren dies *Aphis fabae*, *Acyrtosiphon pisum* sowie *Megoura viciae*. Alle drei Arten nutzen u. a. auch verschiedene *Vicia*-Arten als Sommerwirt (BLACKMAN & EASTOP 2000). Die Dominanzverhältnisse der Arten repräsentieren also nicht zwangsläufig die hauptsächlich siedelnden Arten, die angetroffene Morphe (apter, alat, Larve) ist entscheidend.

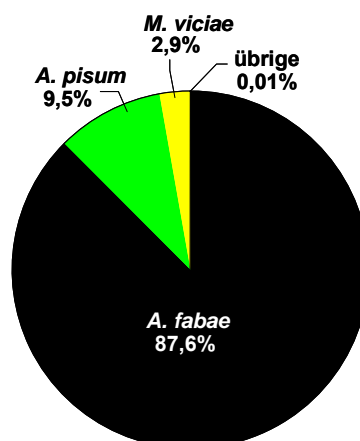
Mit Hilfe der Gelbfangschalen ließ sich ein viel größeres Artenspektrum erfassen als mit Hilfe der Sichtbonitur und die 3 Hauptarten gehörten hier nicht unbedingt zu den dominanten Arten. Die Wickenlaus *M. viciae* war in Gelbfangschalen z. B. kaum vertreten. Während sie bei der Sichtbonitur 1998 mit 2 % rezedent war, war sie in diesem Versuchsjahr in Gelbfangschalen überhaupt nicht vertreten, 1999 war sie bei der Sichtbonitur mit rund 6 % subdominant, im gleichen Zeitraum in Gelbfangschalen mit 0,7 % nur subrezedent. *A. fabae* dagegen trat in so großen Zahlen auf, dass sie sich auch in Gelbfangschalen entsprechend fing. Außerdem reagiert diese Blattlausart stark auf Gelb und lässt sich somit gut mit Hilfe von Gelbschalen erfassen (MOERICKE 1955). 1998 war *A. fabae* bei der Sichtbonitur mit 90 % eudominant und auch in den Gelbfangschalen-Fängen mit 41 % eudominant vertreten. *Acyrtosiphon pisum* trat bei der Sichtbonitur 1998 mit 8 % subdominant auf, in Gelbfangschalen dagegen nur subrezedent mit 0,7 %. 1999 verschoben sich die Dominanzverhältnisse bei der Sichtbonitur zugunsten von *A. pisum*, die genauso wie *A. fabae* mit 47 % eudominant auftrat. In den Gelbfangschalen-Fängen trat *A. fabae* im gleichen Zeitraum mit rund 12 % jedoch dominant, *A. pisum* mit 8 % nur subdominant auf. Bei der Blattlaus-Sichtbonitur 2000 fehlte *M. viciae* völlig. Auch war *A. pisum* in diesem Jahr kaum vertreten: sie war mit nur 0,4 % lediglich subrezedent. *A. fabae* nahm mit 99,6 %, noch stärker als 1998, eine herausragende eudominante Stellung ein. Die einzige Blattlausart, die neben den drei Hauptarten bei der Sichtbonitur nicht nur in Einzelexemplaren gefunden wurde (Tab. 4.1: > spor), war *Brachycaudus helichrysi* (Kleine Pflaumenblattlaus). Diese siedelt nicht an Ackerbohne. Es wurden bei der Sichtbonitur 1998 und 2000 auch nur Geflügelte gefunden, keine

Larven oder Aptere. 1998 trat *B. helichrysi* in Gelbfangschalen (als geflügelte Morphe) mit über 13 % neben den Hauptarten dominant auf. Auch *Cavariella aegopodii* war mit 24 % in Gelbschalenfängen 1998 dominant vertreten.

Eine Anmerkung zu den berechneten Dominanzverhältnissen: Der Anteil einer Art am Gesamtvolumen der Fangperiode, und damit ihre Dominanz, hängt ganz entscheidend von der Dauer dieser Fangperiode und der ermittelten Gesamtzahl an Tieren ab. Daher lassen sich die Versuchsjahre nicht ohne Einschränkungen vergleichen. Die Gelbfangschalen 1998 und 1999 wurden unterschiedlich lange aufgestellt: 1998 nur 19 Tage von Ende April bis Mitte Mai, 1999 dagegen 43 Tage von Mitte Mai bis Anfang Juli. Dementsprechend wurden 1998 48 Blattlausarten gefangen, 1999 dagegen 60 Arten. Würde man 1999 die gleiche Fangdauer wählen wie 1998, also in die Berechnung der Dominanzspektren nur 19 Tage einbeziehen, käme man nur noch auf 39 Arten mit veränderten Dominanzen. Die Blattlausarten treten zudem in zeitlicher Abfolge im Jahresverlauf auf. Schließt man die Fallen zu früh im Jahr, kann es sein, dass man bestimmte Arten gar nicht erfasst, weil sie erst später erscheinen. Das gleiche gilt für die Sichtbonituren. 1998 wurden diese 3½ Monate durchgeführt, 1999 nur gut 2 Monate und 2000 knapp 2 Monate.

#### 4.1.1.2 Sichtbonitur 1998

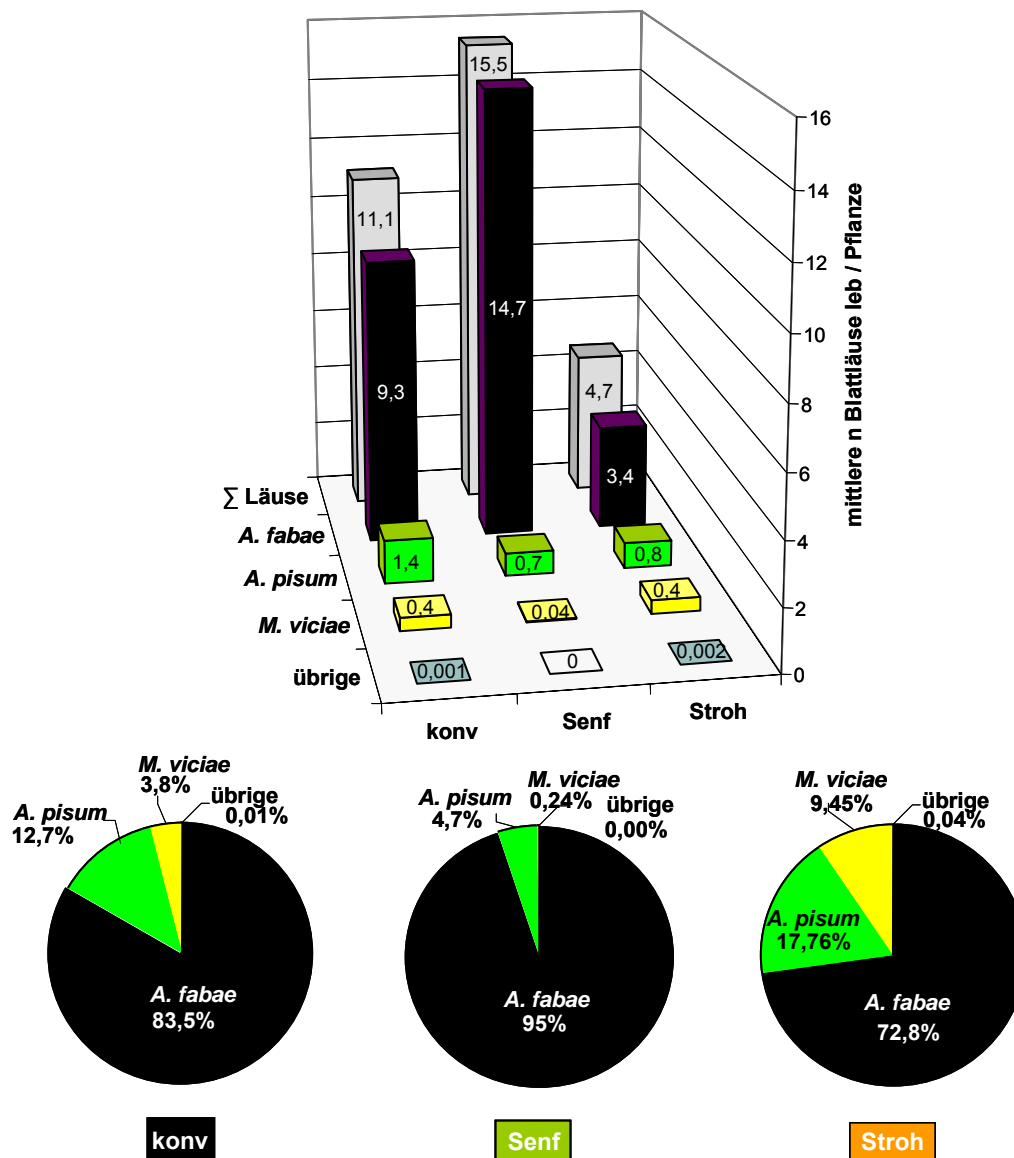
Die Gesamtzahl der lebenden Blattläuse in den 3 Bodenbearbeitungsvarianten (vgl. Abb. 4.15, Kap. 4.1.3.4) verteilte sich auf die Blattlausarten wie aus Abb. 4.1 und 4.2 zu entnehmen. Die geringen Unterschiede zu den Werten in der Gesamtbetrachtung von Gelbfangschalen und Sichtbonituren 1998-2000 (Tab. 4.1) ergeben sich daraus, dass im Folgenden nur der „Kernfangzeitraum“, in Tab. 4.1 jedoch der gesamte Fangzeitraum in die Berechnung einbezogen wurde.



**Abb. 4.1:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998: Artenzusammensetzung der Blattlauspopulation, Mittelwert aller Boniturtermine im "Kernfangzeitraum" (13.5.-28.7.98), nicht nach Varianten getrennt

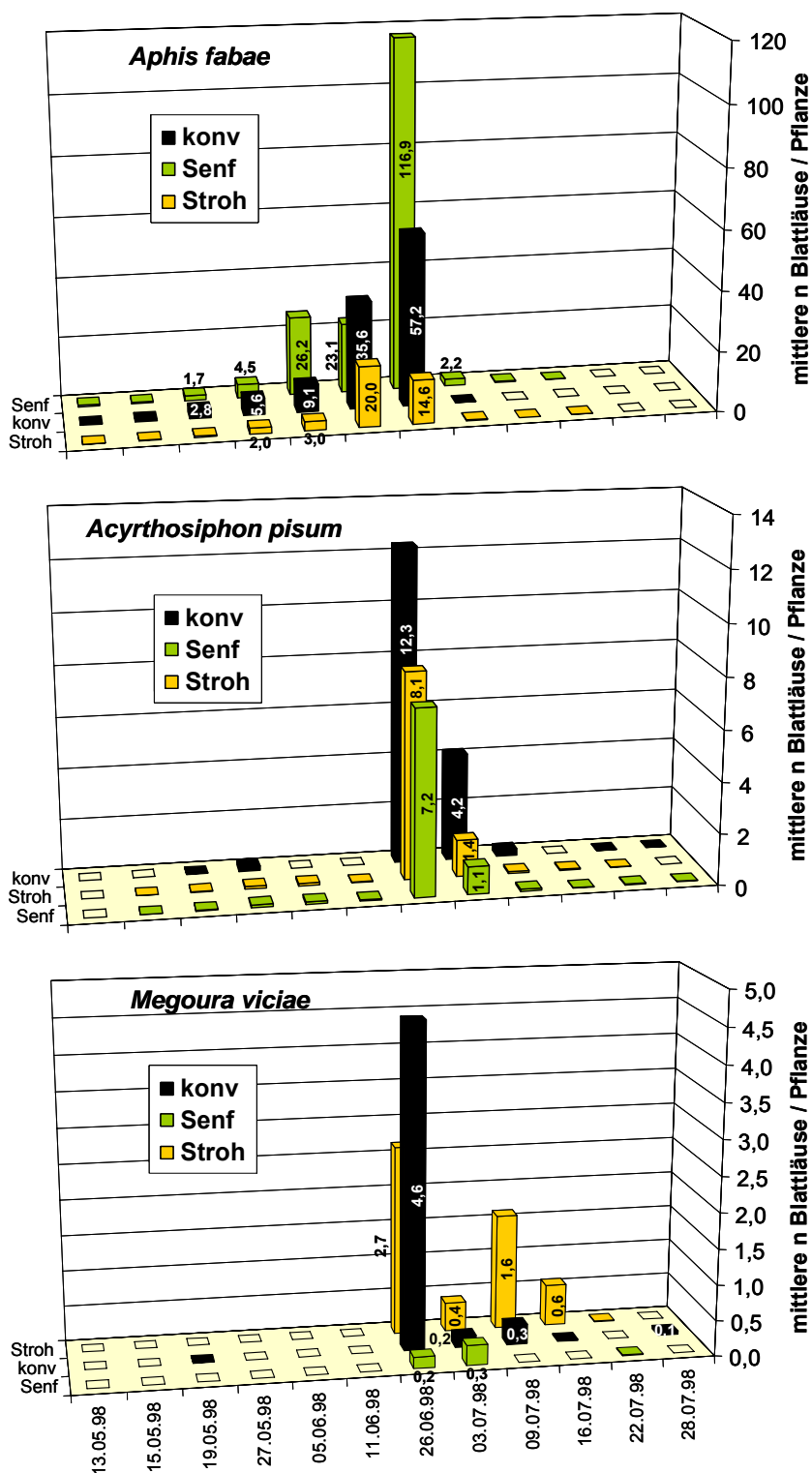
Den Großteil der Blattläuse stellte in allen 3 Varianten *Aphis fabae*, die ab Mitte Mai zuflog. Sie war insgesamt und auch bei Unterscheidung der Varianten deutlich eudominant (Dominanzklassen nach ENGELMANN 1978). Ohne Berücksichtigung der Varianten war sie mit 88 % vertreten, in der „konventionellen“ Bearbeitungsvariante mit 84 %, im „Senf“ sogar mit 95 % und in der „Stroh“-Variante mit 73 %. Partiell wurden die Ackerbohnen ferner wie im Vorjahr durch *Acyrtosiphon pisum*, die Mitte bis Ende Mai die ersten etablierten Kolonien ausbildete und *Megoura viciae* befallen. *A. pisum* folgte mit weitem Abstand hinter *A. fabae* mit insgesamt 10 % ohne Unterscheidung der Varianten. In „konventioneller“ Bearbeitung war *A. pisum* mit 13 % genauso wie mit 18 % in den „Strohmulch“-Parzellen dominant, in der Zwischenfrucht-Variante dagegen mit nur 5 % subdominant vertreten. *Megoura viciae*, die insgesamt nur 3 % aller bestimmten Blattläuse ausmachte, trat erst spät im Bestand auf. Sie wurde zuerst am 26. Juni in größerer Zahl nachgewiesen. Vereinzelte geflügelte Exemplare von *M. viciae* wurden allerdings schon Mitte Mai gefunden. *M. viciae* trat in „konventioneller“ Bodenbearbeitung mit 4 % subdominant auf, in den „Senf“-Parzellen mit nur 0,2 % sporadisch; in den „Strohmulch“-Parzellen war sie aber mit 9,5 %, wie in „konventioneller“ Bearbeitung, subdominant vertreten (Abb. 4.1 u. 4.2).

Die „Stroh“-Variante wies also das ausgeglichene Verhältnis der 3 Hauptarten auf. Die „konventionelle“ und die „Strohmulch“-Variante waren sich im Dominanzverhältnis der aufgetretenen Blattlausarten ähnlicher als die beiden Mulchsaatvarianten „Senf“ und „Stroh“. Die Bearbeitungsvariante mit Zwischenfrucht „Senf“ hatte die deutlichste Übermacht der Blattlausart *Aphis fabae* (Abb. 4.2).



**Abb. 4.2:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998: Artenzusammensetzung der Blattlauspopulation, Mittelwert aller Boniturtermine im "Kernfangzeitraum" (13.5.-28.7.98): Vergleich der 3 Varianten

Die hohe Zahl von *Aphis fabae* im „Senf“ wurde hauptsächlich durch das besonders starke Auftreten dieser Art in der Zwischenfrucht an einem Termin, nämlich am 26. Juni, dem Höhepunkt der Blattlausentwicklung aller Arten (s. Abb. 4.1.4 in Kap. 4.1.3.4), verursacht (Abb. 4.3). Aber auch Anfang Juni gab es schon einen Termin, an dem *A. fabae* in der „Senf“-Variante am stärksten vertreten war.



**Abb. 4.3:** Sichtbonitur 1998: Phänologie der Blattlausarten (lebend) *Aphis fabae*, *Acyrthosiphon pisum* und *Megoura viciae* im "Kernfangzeitraum" (13.5.-28.7.98) in den 3 Varianten

Vor dem 13. Mai wurde gar kein Blattlaus-Befall mit Hilfe der Sichtbonituren ermittelt (s. Abb. 4.3 u. 4.14). Die erste Blattlaus-Art, die in Erscheinung trat, war *Aphis fabae*, die am 13.5. in allen Varianten gefunden wurde, und von da an durchgängig beobachtet werden



konnte: in den beiden Mulchsaatvarianten bis zum 16.7., während ihre Population in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung nach dem Befallshöhepunkt am 26.6. komplett zusammenbrach und bis zum 3.7. nur noch vereinzelt gefunden wurde (Abb. 4.3 oben).

**Tab. 4.2:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998; Ackerbohne: Vergleich des Befalls mit *Aphis fabae* (lebend + tot) zwischen den 3 Varianten; mittlere Anzahl Blattläuse pro Pflanze; Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %, nach Blattlaus-Befallsphasen getrennt; Besiedlung: 5.5.-5.6., Etablierung: 11.6.-26.6., Reduktion: 3.7.-17.8

Phase	konv, Senf		konv, Stroh		Senf, Stroh	
	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert
Besiedlung	0,275	0,3086	1,492	< 0,0001 ***	1,217	< 0,0001 ***
Etablierung	7,664	0,7518	52,584	0,0303 *	44,920	0,0496 *
Reduktion	1,640	0,8250	9,829	0,1853	8,189	0,2697
<b>Mittel aller Termine</b>	-0,394	0,9196	9,525	0,0134 *	9,920	0,0100 *

Die in allen 3 Varianten eudominante Art *Aphis fabae* wurde beim Anflug auf die Ackerfläche („Besiedlungs-Phase“ 5.5.-5.6.) höchst signifikant durch die „Strohaufgabe“ von der Landung auf den „Stroh“-Parzellen abgehalten. Auch innerhalb der „Etablierungs-Phase“ der Blattläuse (11.-26.6.) sowie im Mittel aller Boniturtermine fand sich bei dieser „Hauptart“ noch eine signifikante Reduzierung der Befallszahlen in der „Strohmulch“-Variante im Vergleich zur „konventionellen“ Bearbeitung, nicht jedoch in der „Reduktions-Phase“ (3.7.-17.8.) und auch nicht in der Bodenbearbeitungsvariante mit Zwischenfrucht (Tab. 4.2).

**Tab. 4.3:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998; Ackerbohne: Vergleich des Befalls mit *Acyrtosiphon pisum* (lebend + tot) zwischen den 3 Varianten; mittlere Anzahl Blattläuse pro Pflanze; Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %, nach Blattlaus-Befallsphasen getrennt; Besiedlung: 5.5.-5.6., Etablierung: 11.6.-26.6., Reduktion: 3.7.-17.8.

Phase	konv, Senf		konv, Stroh		Senf, Stroh	
	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert
Besiedlung	0,005	0,7371	0,009	0,5415	0,004	0,7926
Etablierung	3,301	0,0731	2,981	0,1054	-0,320	0,8536
Reduktion	0,661	0,0239 *	0,576	0,0491 *	-0,085	0,7705
<b>Mittel aller Termine</b>	0,485	0,0776	0,451	0,0956	-0,034	0,9004

Während die Population von *Aphis fabae* nach dem 26.6. komplett zusammenbrach (Abb. 4.3 oben) und nach dem 16.7. überhaupt nicht mehr gefunden wurde, war *Acyrtosiphon pisum* in allen Varianten, besonders aber in der „konventionellen“, auch Anfang Juli noch relativ stark vertreten und ihre Population brach erst 2 Wochen später als die von *A. fabae* zusammen (Abb. 4.3 Mitte). In einzelnen Exemplaren gefunden wurde *A. pisum* aber bis zum Ende des Boniturzeitraumes in „konventionellen“ und „Senf“-Parzellen. Signifikante Unterschiede im Befall mit *A. pisum* gab es 1998 sowohl im „Stroh“ als auch im „Senf“ innerhalb der „Reduktions-Phase“ (Tab. 4.3).

**Tab. 4.4:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998; Ackerbohne: Vergleich des Befalls mit *Megoura viciae* (lebend + tot) zwischen den 3 Varianten; mittlere Anzahl Blattläuse pro Pflanze; Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %, nach Blattlaus-Befallsphasen getrennt; Besiedlung: 5.5.-5.6., Etablierung: 11.6.-26.6., Reduktion: 3.7.-17.8.

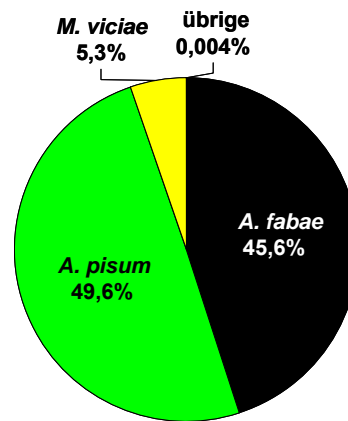
Phase	konv, Senf			konv, Stroh			Senf, Stroh	
	mittl. Diff.	P-Wert		mittl. Diff.	P-Wert		mittl. Diff.	P-Wert
Besiedlung	0,001	0,2267		0,001	0,2153		0,000	-
Etablierung	2,211	0,0372	*	1,211	0,2534		-1,000	0,3170
Reduktion	0,021	0,8659		-0,293	0,0204	*	-0,315	0,0129
<b>Mittel aller Termine</b>	<b>0,283</b>	<b>0,0668</b>		<b>0,066</b>	<b>0,6652</b>		<b>-0,217</b>	<b>0,1532</b>

Die 1998 insgesamt rezedent aufgetretene *Megoura viciae* erschien im Gegensatz zu den anderen beiden Hauptarten erst ab dem 26. Juni, wo sie in der „konventionellen“ Variante am stärksten vertreten war. Erst fast einen Monat nach *A. fabae* und *A. pisum* brach ihre Population im „Stroh“ zusammen. In der „konventionellen“ Variante hielt sie sich eine Woche kürzer, und noch einmal eine Woche früher als in den „konventionell“ bewirtschafteten Parzellen war sie in der Variante mit Zwischenfrucht (annähernd) verschwunden (Abb. 4.3 unten). Signifikante Unterschiede zwischen dem Auftreten von *M. viciae* in „konventioneller“ Bodenbearbeitung und den Mulchvarianten gab es im „Senf“ in der „Etablierungs-Phase“ und im „Stroh“ innerhalb der „Reduktions-Phase“ (Tab. 4.4).

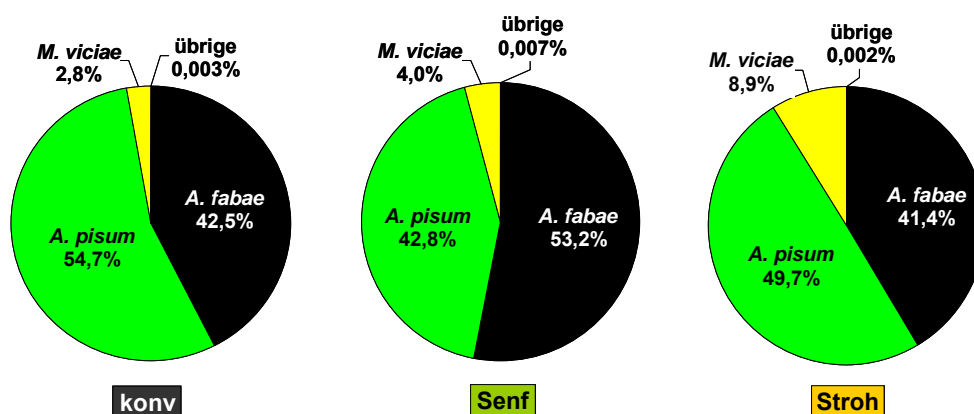
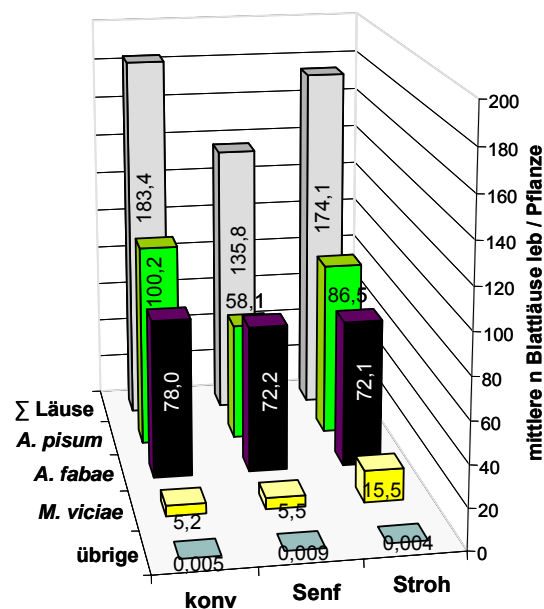
Vergleicht man die 3 Bodenbearbeitungsvarianten über die Phänologie der 3 Hauptarten (Abb. 4.3), so erkennt man bei *A. fabae*, dass in der „konventionellen“ Bearbeitung die meisten Läuse dieser Art gefunden wurden, mehr als 10-mal so viele wie im „Stroh“, das den niedrigsten Befall aufwies. „Senf“ nahm hier eine Zwischenstellung ein. Bei *A. pisum* waren die Unterschiede nicht so deutlich: „Senf“ und „Stroh“ wiesen fast gleiche Aphidenzahlen auf. In der „konventionellen“ Variante war der Befall im Vergleich dazu fast doppelt so hoch. *M. viciae* wies im „Senf“ den deutlich geringsten Befall auf, da die Besiedlung erst spät einsetzte. In „konventioneller“ Bearbeitung traten nur geringfügig mehr Individuen dieser Art auf als in der „Strohmulchvariante“, die 2 Befallsspitzen zeigte.

#### 4.1.1.3 Sichtbonitur 1999

Anders als im Vorjahr war bei der Sichtbonitur 1999 ohne Betrachtung der Variantenunterschiede das Verhältnis von *A. pisum* (50 %) und *A. fabae* (45 %) annähernd ausgeglichen. Beide Arten traten deutlich eudominant auf. *Megoura viciae* war mit gut 5 % subdominant vertreten. Neben diesen drei siedelnden Hauptarten wurden bei der Sichtbonitur 1999 so gut wie keine anderen Blattlausarten (nur 0,004 % übrige Arten) gefunden (Abb. 4.4).

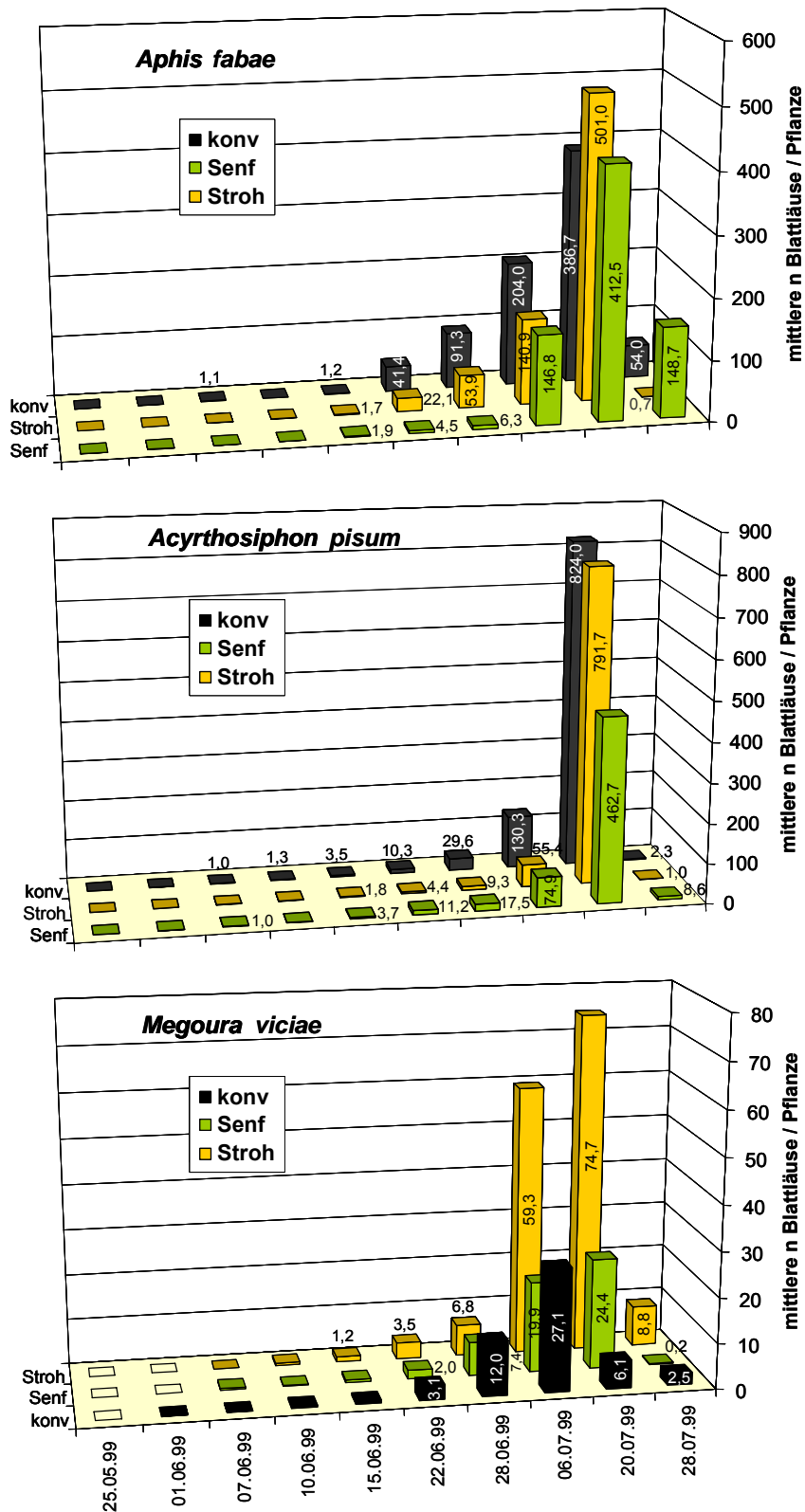


**Abb. 4.4:** Blattlaus-Sichtbonitur 1999: Artenzusammensetzung der Blattlauspopulation, Mittelwert aller Boniturtermine (25.5.-28.7.99), nicht nach Varianten getrennt



**Abb. 4.5:** Blattlaus-Sichtbonitur 1999: Artenzusammensetzung der Blattlauspopulation, Mittelwert aller Boniturtermine im "Kernfangzeitraum" (25.5.-28.7.99): Vergleich der 3 Varianten

Bei Betrachtung der 3 Bodenbearbeitungsvarianten blieb das grundsätzliche Verhältnis der Blattlausarten zueinander erhalten, es ergaben sich allerdings leichte Verschiebungen in den prozentualen Anteilen (Abb. 4.5). In allen 3 Varianten waren *A. pisum* und *A. fabae* eudominant. *M. viciae* war allerdings in den beiden Mulchvarianten subdominant vertreten, in „konventioneller“ Bodenbearbeitung dagegen nur rezedent. Die Variante mit „Strohmulch“ zeigte das ausgeglichene Verhältnis der Arten, gefolgt von „Senf“. Im „Stroh“ war *M. viciae* mit Abstand am häufigsten (9 %), im „Senf“ weniger als halb so oft zu finden (4 %) und in „konv“ nur mit knapp 3 % vertreten (Abb. 4.5). In „konventioneller“ Bearbeitung stellte *A. pisum* über die Hälfte der Individuen (55 %), in der Zwischenfrucht-Variante war es *A. fabae* (53 %). In der „Stroh“-Variante war wie in „konv“ *A. pisum* mit knapp 50 % häufiger anzutreffen als *A. fabae*. Besonders zum Befallshöhepunkt der Blattläuse waren *A. fabae* und vor allem *M. viciae* in der „Strohmulch“-Variante am häufigsten zu finden, *A. fabae* nur am vorletzten Boniturtermin, *M. viciae* auch besonders an diesem Termin, aber auch an 4 anderen Boniturterminen ab Mitte Juni. Bei den Arten, die den größten Teil der Individuen stellte, *A. pisum* und *A. fabae*, traten die meisten Tiere in „konventioneller“ Bodenbearbeitung auf (Abb. 4.6).



**Abb. 4.6:** Sichtbonitur 1999: Phänologie der Blattlausarten (lebend) *Aphis fabae*, *Acyrthosiphon pisum* und *Megoura viciae* im gesamten Fangzeitraum (25.5.-28.7.99) in den 3 Varianten

#### 4.1.1.4 Sichtbonitur 2000

Im Versuchsjahr 2000 gab es bei der Sichtbonitur eine so deutliche Übermacht von *Aphis fabae* (mit 99,6 % eudominant; *A. pisum* mit nur 0,4 % subrezedent), dass eine graphische Darstellung der Variantenunterschiede nicht sinnvoll ist. In sehr geringem Maße ließ sich aber auch 2000 wie in den beiden übrigen Jahren die Tendenz beobachten, dass die Mulchvarianten ein etwas ausgeglicheneres Arteninventar aufwiesen als die „konventionelle“ Bodenbearbeitung: Das Verhältnis von *A. fabae* zu *A. pisum* war in „konv“: 99,8 % zu 0,2 %, im „Senf“: 99,4 % zu 0,6 % und im „Stroh“: 99,5 % zu 0,5 %. Andere Blattlausarten neben *A. fabae* und *A. pisum* traten so gut wie gar nicht auf (s. Tab. 4.1 in Kap. 4.1.1.1). Man muss bei diesem Ergebnis allerdings den im Vergleich zu den übrigen Versuchsjahren kürzeren Boniturzeitraum bedenken (s. Kap. 4.1.1.1), der aber den Zeitpunkt des ersten Auftretens von *M. viciae* (1998 u. 1999 ermittelt) einschloss, so dass man diese Art auch 2000 hätte finden können, was nicht der Fall war.

#### 4.1.1.5 Zeitliches Auftreten der Blattlausarten

##### 1998

Die in Gelbfangschalen (und auch bei der Sichtbonitur) eudominante Art *Aphis fabae* trat 1998 als erste der 3 Hauptarten in Gelbfangschalen als geflügelte Morphe in Erscheinung, zusammen mit einigen nichtsiedelnden Arten (Tab. 4.5). Am ersten Fangtermin Ende April war sie mit insgesamt 26 Tieren schon deutlich vertreten, während die übrigen Arten, die an diesem Termin schon in den Fallen zu finden waren, lediglich zwischen 1 und 3 Individuen aufwiesen. Über das erste Auftreten der Arten im Jahr kann keine genaue Aussage getroffen werden, da die Gelbfangschalen erst am 29.4. erstmalig geleert wurden (frühester Leerungstermin aller Versuchsjahre). Bei der Blattlaus-Sichtbonitur 1998 wurden die ersten Exemplare von *A. fabae* (apter) erst 14 Tage später am 13.5. gefunden (Tab. 4.6). An zwei vorherigen Boniturterminen wurden keine Blattläuse angetroffen (s. Abb. 4.3 in Kap. 4.1.1.2 u. Abb. 4.7 in Kap. 4.1.2).

Die zweite Hauptart *Acyrtosiphon pisum* (1998 dominant bei der Sichtbonitur, nur subrezedent in Gelbfangschalen) trat in Gelbfangschalen 1998 erstmalig 9 bis 11 Tage nach *A. fabae* (8.-10.5.) auf (Tab. 4.5). (Der genaue Zeitpunkt lässt sich nicht festlegen, da die Gelbfangschalen über das Wochenende standen und erst am Montag geleert wurden.) Bei der Sichtbonitur 1998 wurden schon 2 Tage nach der am frühesten im Jahr registrierten Art *A. fabae* Exemplare von *A. pisum* gefunden (15.5. in den beiden Mulchsaatvarianten, Aptere u. Larven; Tab. 4.6).

**Tab. 4.5:** Gelbfangschalen 1998: zeitliches Auftreten der Blattlaus-Arten (nicht nach Varianten getrennt); Kreuz: Vorkommen; dunkelgrau unterlegt: erstmaliges Auftreten

[illegible]

**Tab. 4.6:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998: zeitliches Auftreten der 3 Haupt-Blattlausarten (nicht nach Varianten getrennt); Kreuz: Vorkommen; dunkelgrau unterlegt: erstmaliges Auftreten

	<i>A. fabae</i>		<i>A. pisum</i>		<i>M. viciae</i>	
	leb	tot	leb	tot	leb	tot
05.05.98						
11.05.98						
13.05.98	X					
15.05.98	X	X	X			
19.05.98	X	X	X		X	
27.05.98	X		X			
05.06.98	X	X	X			
11.06.98	X		X			
26.06.98	X	X	X	X	X	
03.07.98	X	X	X	X	X	X
09.07.98	X		X	X	X	
16.07.98	X	X	X	X	X	
22.07.98		X	X		X	
28.07.98		X	X		X	
17.08.98						

*Megoura viciae* wurde 1998 in Gelbfangschalen gar nicht erfasst (Tab. 4.5). Die Sichtbonitur 1998, bei der die Art insgesamt subdominant vertreten war, zeigte, dass *M. viciae* ausserhalb des Fangzeitraumes der Gelbfangschalen erstmalig auftrat: die erste Sichtung war am 19.5. mit alaten Individuen, also 4 Tage später als *A. pisum* und 6 Tage später als *A. fabae* (Tab. 4.6). Dann trat eine Pause bis zum 26.6. ein, wo erstmalig Aptere und Larven gefunden wurden (Abb. 4.7).

## 1999

Auch 1999 wurde die zeitliche Abfolge des Erscheinens der 3 Hauptarten vom Vorjahr bestätigt: *A. fabae* wurde als erste der 3 Hauptarten (20.5.) in Gelbschalen mit insgesamt 5 geflügelten Individuen gefangen. Ungefähr 10 Tage später (29.5.-1.6.) trat *A. pisum* mit insgesamt 3 Tieren in Gelbfangschalen zum ersten Mal in Erscheinung. Am 4.6. folgte als letzte der 3 Hauptarten *M. viciae* mit 1 Exemplar in Gelbschalen (Tab. 4.7).

Bei der Sichtbonitur wurden in „konventioneller“ Bodenbearbeitung schon 3 Tage früher, am 1.6. die ersten *M. viciae* gezählt, am 7.6. dann in allen 3 Bearbeitungsvarianten. Bei *A. fabae* und *A. pisum* konnte mit Hilfe der Sichtbonitur 1999 jedoch keine zeitliche Abfolge ihres Erscheinens ermittelt werden, da die erste Blattlauszählung an den Pflanzen erst am 25. Mai erfolgte. Zu diesem Zeitpunkt siedelten beide bereits in allen 3 Varianten (Tab. 4.8; Abb. 4.6 in Kap. 4.1.1.3).



**Tab. 4.7a:** Gelbfangschalen 1999 (20.5.-10.6): zeitliches Auftreten der Blattlaus-Arten (nicht nach Varianten getrennt); Kreuz: Vorkommen; dunkelgrau unterlegt: erstmaliges Auftreten

[illegible]

	11.6.	12.-14.6.	15.6.	16.6.	17.6.	18.6.	19.-21.6.	22.6.	23.6.	24.6.	25.6.	26.-28.6.	29.6.
<i>Acyrtosiphon loti</i>	X	X		X	X	X	X	X		X		X	
<i>Acyrtosiphon malvae</i>			X	X	X			X		X		X	
<i>Acyrtosiphon pisum</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
<i>Anoecia</i> spp.			X										X
<i>Anoecia corni</i>												X	
<i>Anuraphis farfarae</i>				X									
<i>Aphis acetosae</i>	X	X	X	X	X	X	X		X			X	
<i>Aphis craccivora</i>											X	X	
<i>Aphis fabae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Aphis frangulae</i>	X	X	X	X	X	X	X					X	
<i>Aphis idaei</i>			X	X	X	X	X						
<i>Aphis nasturtii</i>	X	X	X	X	X	X	X	X					
<i>Aphis pomi</i>		X	X	X	X	X	X					X	X
<i>Aphis rumicis</i>													X
<i>Aphis sambuci</i>	X	X		X								X	X
<i>Aphis viburni</i>	X							X					X
<i>Aphis</i> spp.												X	
<i>Atheroides serrulatus</i>													
<i>Aulacorthum solani</i>							X						
<i>Brachycaudus cardui</i>			X		X								
<i>Brachycaudus helichrysi</i>								X			X		
<i>Brachycolus cerastii</i>				X									
<i>Brevicoryne brassicae</i>													X
<i>Capitophorus elaeagni</i>											X		
<i>Capitophorus hippophaes</i>											X	X	X
<i>Capitophorus horni</i>													
<i>Capitophorus similis</i>													
<i>Cavariella aegopodii</i>	X	X	X		X				X			X	X
<i>Cavariella pastinaceae</i>		X	X	X	X						X	X	
<i>Cavariella theobaldi</i>			X	X	X								
<i>Cryptomyzus ribis</i>						X							
<i>Dactynotus</i> spp.							X						
<i>Dactynotus tussilaginis</i>													
<i>Dysaphis plantaginea</i>											X		
<i>Dysaphis ranunculi</i>				X	X								
<i>Dysaphis</i> spp.	X												
<i>Eriosoma ulmi</i>					X								
<i>Hyperomyzus lactucae</i>				X		X			X		X	X	X
<i>Liosomaphis berberidis</i>			X						X				
<i>Macrosiphoniella persequens</i>	X	X	X	X		X	X					X	X
<i>Macrosiphoniella sejuncta</i>					X								
<i>Macrosiphum euphorbiae</i>		X		X	X		X					X	X
<i>Macrosiphum rosae</i>		X											
<i>Megoura viciae</i>	X		X		X		X						
<i>Megourella purpurea</i>													
<i>Metopolophium dirhodum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Myzodium modestum</i>												X	
<i>Myzus ascalonicus</i>													
<i>Myzus certus</i>													
<i>Myzus cerasi</i>													
<i>Myzus persicae</i>				X		X			X	X		X	
<i>Nasonovia ribisnigri</i>			X			X			X	X		X	
<i>Ovatus insitus</i>													

**Tab. 4.8:** Blattlaus-Sichtbonitur 1999: zeitliches Auftreten der 3 Haupt-Blattlausarten (nicht nach Varianten getrennt); Kreuz: Vorkommen; dunkelgrau unterlegt: erstmaliges Auftreten

	<i>A. fabae</i>		<i>A. pisum</i>		<i>M. viciae</i>	
	leb	tot	leb	tot	leb	tot
25.05.99	X	X	X			
01.06.99	X		X		X	
07.06.99	X		X		X	
10.06.99	X		X	X	X	
15.06.99	X		X	X	X	
22.06.99	X		X	X	X	
28.06.99	X	X	X	X	X	
06.07.99	X		X	X	X	X
13.07.99	X		X	X	X	X
20.07.99	X		X		X	
28.07.99	X	X	X		X	

Auch das Auftreten von toten Tiere der jeweiligen Arten (durch Sichtbonitur ermittelt) zeigte dieselbe zeitliche Abfolge der lebenden Individuen der Arten: tote *A. fabae* wurden zuerst gefunden, gut 2 Wochen später tote *A. pisum* und zum Schluss, mit 6 Wochen Abstand zu *A. fabae*, auch tote *M. viciae* (Tab. 4.8).

Im Versuchsjahr **2000** trat *M. viciae* überhaupt nicht in Erscheinung (Tab. 4.9). Die beiden anderen Hauptarten *A. fabae* und *A. pisum* wurden beide am ersten (4.5.) und auch am letzten (29.6.) Termin der Sichtbonitur gefunden. Die ersten toten Tiere traten jeweils deutlich später auf, bei *A. fabae* eher als bei *A. pisum*.

**Tab. 4.9:** Blattlaus-Sichtbonitur 2000: zeitliches Auftreten der 3 Haupt-Blattlausarten (nicht nach Varianten getrennt); Kreuz: Vorkommen; dunkelgrau unterlegt: erstmaliges Auftreten

	<i>A. fabae</i>		<i>A. pisum</i>		<i>M. viciae</i>	
	leb	tot	leb	tot	leb	tot
04.05.00	X		X			
10.05.00	X		X			
13.05.00	X	X	X			
17.05.00	X	X	X			
24.05.00	X	X	X			
07.06.00	X	X	X	X		
29.06.00	X	X	X			

#### 4.1.2 Blattlausmorphen

##### Blattlausmorphen 1998

In allen 3 Bearbeitungsvarianten traten die verschiedenen Blattlausmorphen zum gleichen Zeitpunkt auf. Lediglich in der Anzahl der angetroffenen Tiere gab es variantenbedingte Unterschiede.

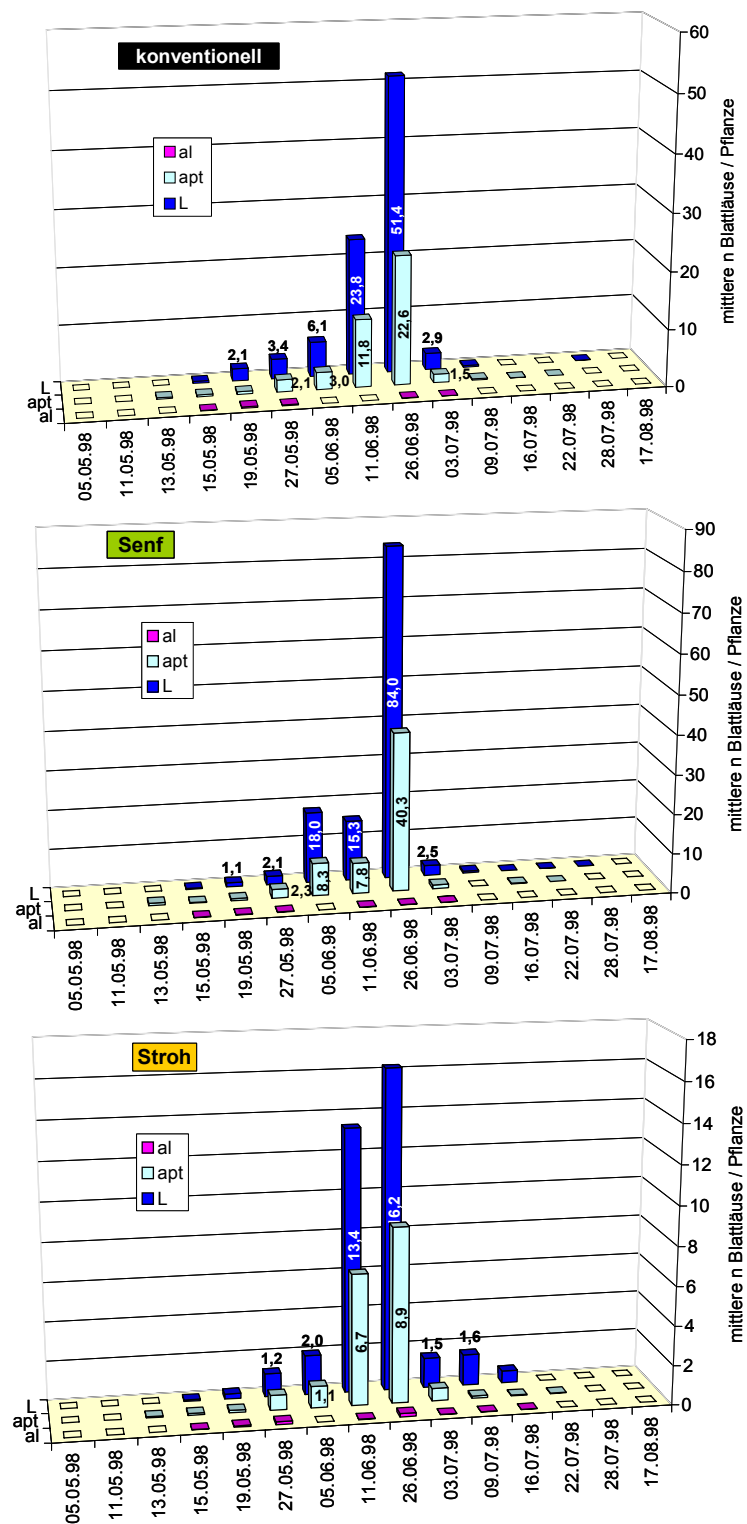
Am ersten Boniturtermin, an dem Blattläuse gefunden wurden (13.5.), gab es ausschließlich Aptere. Geflügelte Tiere werden allerdings bei der direkten Zählung, vor allem beim ersten Befallsflug im Frühjahr, nicht so gut erfasst, da sie sehr mobil sind. Bei der dichteinduzierten Bildung von Alaten im Sommer ist die Wahrscheinlichkeit größer, geflügelte Tiere zu zählen. Zwei Tage später folgten die ersten Larven, und auch geflügelte Blattläuse wurden gefunden. Mit Hilfe von Gelbfangschalen wurden geflügelte *Aphis fabae* allerdings schon am 29. April gefangen (Tab. 4.5). Unterschiede zwischen den Varianten gab es vor allem bei der Dauer des Auftretens von alaten Läusen. In den „Strohmulch“-Parzellen wurden geflügelte Blattläuse noch 2 Wochen später als in den anderen beiden Varianten gefunden. In „konventionell“ und mit Zwischenfrucht bewirtschafteten Parzellen traten schon ab Anfang Juli keine Geflügelten mehr in Erscheinung, während in den mit „Stroh“ bedeckten Parzellen noch am 16.7. die letzten alaten Tiere beobachtet wurden. Dafür fanden sich am drittletzten Boniturtermin Mitte Juli in der „Stroh“-Variante keine Blattlaus-Larven mehr, während sie in „konv“ und „Senf“ noch bis zum 28.7. einschließlich bonitiert werden konnten (Abb. 4.7).

**Tab. 4.10:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998; Ackerbohne: Vergleich des Befalls mit lebenden alaten Blattläusen zwischen den 3 Varianten; mittlere Anzahl Blattläuse pro Pflanze; Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %, nach Blattlaus-Befallsphasen getrennt; Besiedlung: 5.5.-5.6., Etablierung: 11.6.-26.6., Reduktion: 3.7.-17.8.

Phase	konv, Senf			konv, Stroh			Senf, Stroh		
	mittl. Diff.	P-Wert		mittl. Diff.	P-Wert		mittl. Diff.	P-Wert	
Besiedlung	0,031	0,0296	*	0,068	< 0,0001	***	0,037	0,0080	**
Etablierung	-0,023	0,4328		-0,043	0,1427		-0,020	0,4694	
Reduktion	-0,003	0,6165		-0,005	0,3167		-0,003	0,6165	
<b>Mittel aller Termine</b>	<b>0,016</b>	<b>0,0961</b>		<b>0,035</b>	<b>0,0003</b>	<b>***</b>	<b>0,018</b>	<b>0,0572</b>	

Die Ergebnisse der Blattlaus-Sichtbonituren 1998 zeigen, dass beide Mulchsaatvarianten, insbesondere die „Strohaufgabe“, eine blattlausreduzierende Wirkung vor allem bei der Erstbesiedlung der Flächen durch **geflügelte Blattläuse** gegenüber der „konventionellen“ Bodenbearbeitung aufweisen (Tab. 4.10). In der „Besiedlungs-Phase“ war die Anzahl Geflügelter im „Senf“ gegenüber der „konventionellen“ Variante signifikant erniedrigt, im „Stroh“ sogar höchst signifikant. In den folgenden beiden Blattlaus-Befallsphasen (Etablierung, Reduktion) ab Mitte Juni ließ sich dagegen bei den Geflügelten kein positiver Effekt der Mulchsaat mehr erkennen. Der Einfluss des verringerten Blattlaus-

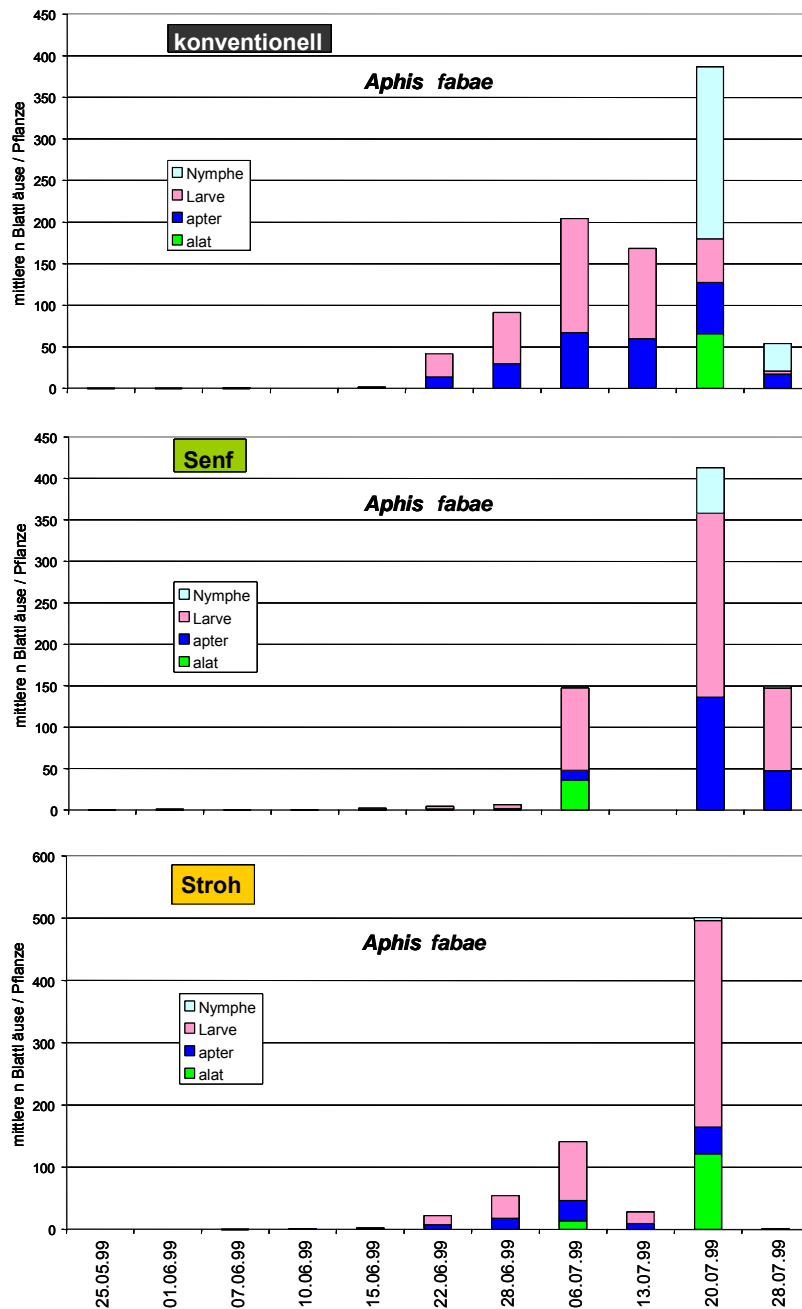
Anfluges auf die Flächen blieb auch in der weiteren Entwicklung der Blattlausbesiedlung der Pflanzen in den 3 Varianten bestehen.



**Abb. 4.7:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998: Phänologie der Blattlaus-Morphen im gesamten Fangzeitraum (5.5.-17.8.98) in den 3 Varianten; al = alat, apt = apter, L = Larve

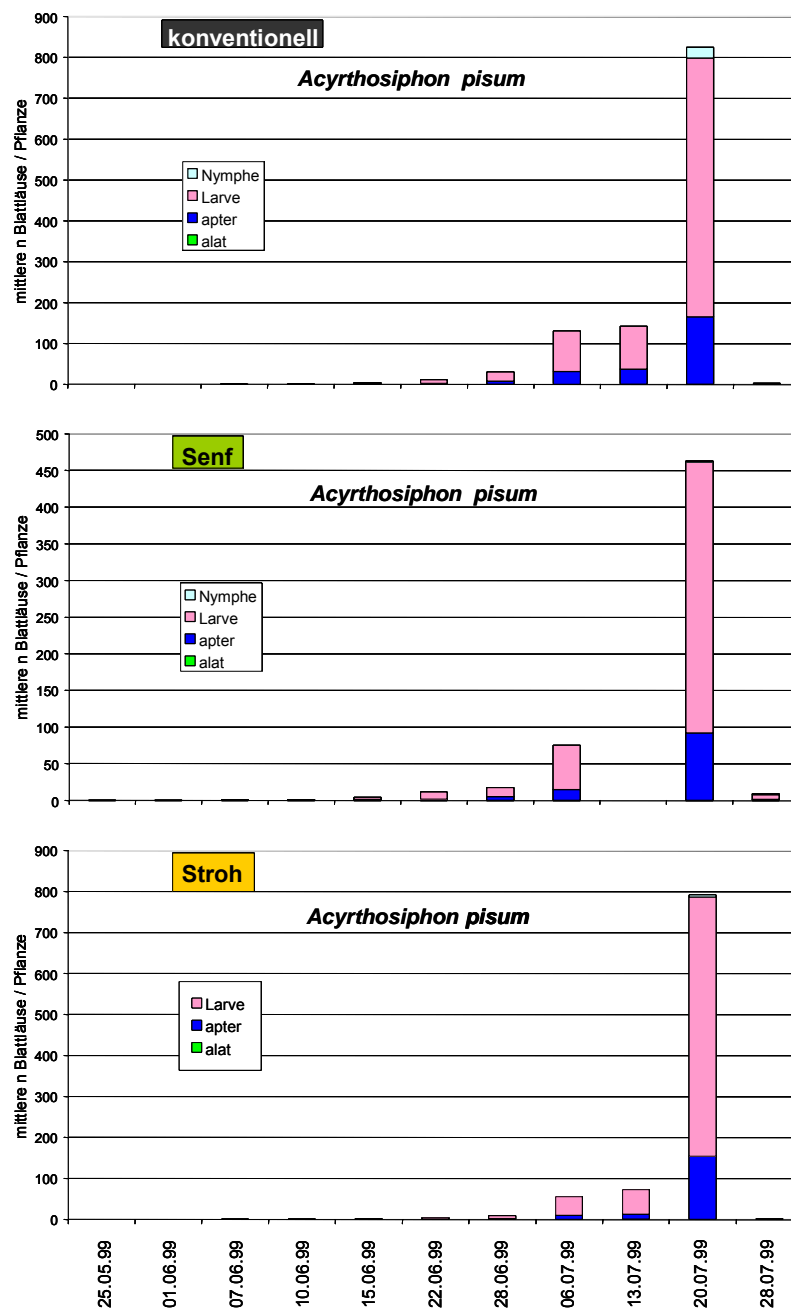
### Blattlausmorphen 1999

Anders als 1998 wurde im Folgejahr 1999 nicht nur die Phänologie der Blattlaus-Morphen allgemein in den 3 Bodenbearbeitungsvarianten betrachtet, sondern zusätzlich noch die 3 Haupt-Blattlausarten unterschieden. 1998 waren bei direkten Zählungen ungeflügelte Läuse zuerst gefunden worden. Das heißt aber nicht, dass keine Geflügelten vorhanden waren (s. „Blattlausmorphen 1998“).



**Abb. 4.8:** Blattlaus-Sichtbonitur 1999: Phänologie der Morphen von *Aphis fabae* im gesamten Fangzeitraum (25.5.-28.7.99) in den 3 Varianten

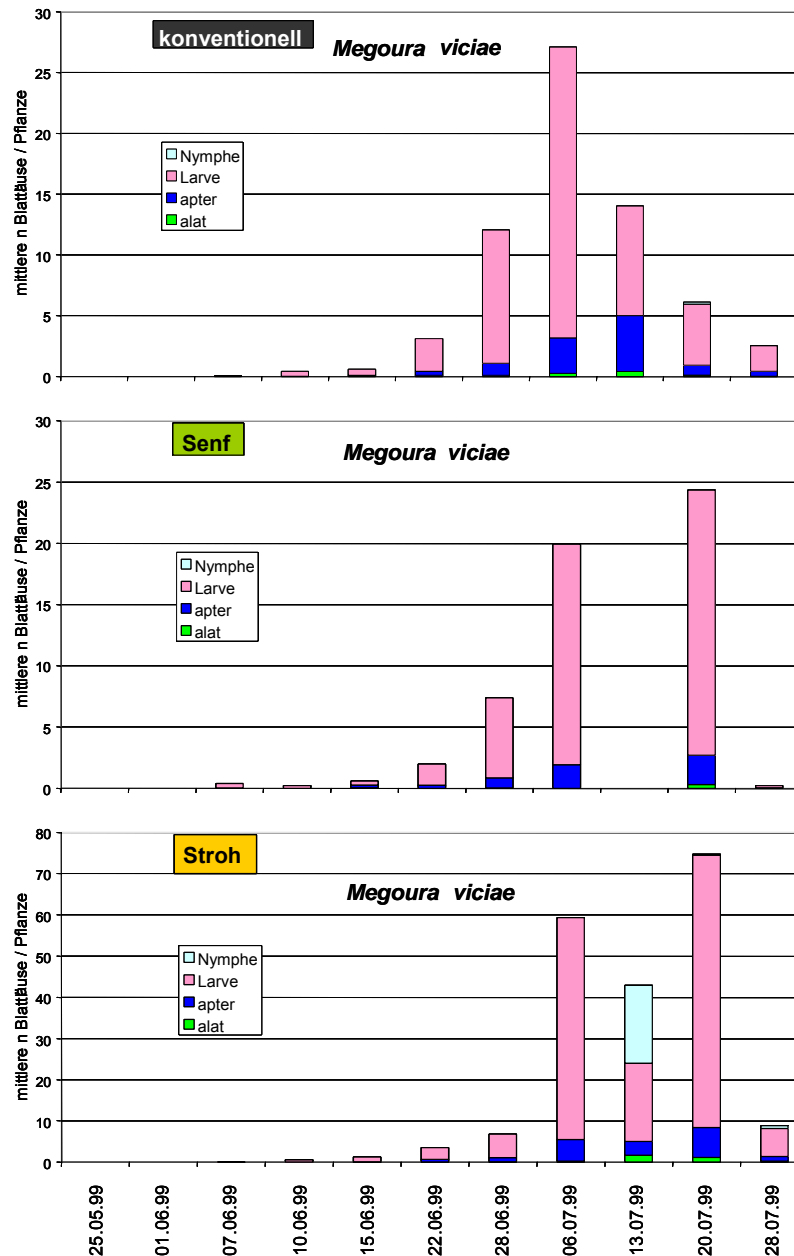
1999 traten dagegen bei *Aphis fabae* und *Acyrtosiphon pisum* am ersten Boniturtermin 25.5. nicht nur Aptere, sondern auch Alate und Larven auf. Bei *A. pisum* war dies in allen 3 Bearbeitungsvarianten der Fall, bei *A. fabae* nur in „konv“ und „Senf“; im „Stroh“ dagegen wurden nur Geflügelte gefunden (Abb. 4.8 u. 4.9). Der erste Boniturtermin, an dem Blattläuse gefunden wurden, war 1998 am 13.5. allerdings auch schon 2 Wochen früher als im Folgejahr 1999.



**Abb. 4.9:** Blattlaus-Sichtbonitur 1999: Phänologie der Morphen von *Acyrtosiphon pisum* im gesamten Fangzeitraum (25.5.-28.7.99) in den 3 Varianten

*Megoura viciae* wurde 1999 am ersten Boniturtermin noch gar nicht gefunden, eine Woche später in den beiden Mulchsaatvarianten auch noch nicht, sondern lediglich in

„konventioneller“ Bodenbearbeitung. Hier traten am 1.6. zunächst nur alate Tiere auf (Abb. 4.10). Bei *M. viciae* wurde im Vergleich zu den beiden anderen Hauptarten in allen 3 Varianten ein auffällig großer Anteil Larven bonitiert (durchschnittl. Anteil Larven in % ges. Zeitraum 25.5.-28.7.99: bei *A. fabae*: 60,4; *A. pisum*: 69,9; *M. viciae*: 78,4).



**Abb. 4.10:** Blattlaus-Sichtbonitur 1999: Phänologie der Morphen von *Megoura viciae* im gesamten Fangzeitraum (25.5.-28.7.99) in den 3 Varianten

Anmerkung: In den vorstehenden Grafiken (Abb. 4.8-4.10) wurde der 13.7. einbezogen, damit man besser sehen kann, wann Nymphen (Vorstadien zu geflügelten Tieren) zum ersten Mal auftraten. Bei den übrigen Berechnungen (Tabellen und Grafiken) wurde dieser Termin aus den Berechnungen herausgenommen, weil hier nur jeweils 10 Pflanzen pro Parzelle betrachtet wurden und aufgrund des geringen n im „Senf“ im Vergleich zu den Boniturterminen vorher und nachher eine deutlich zu geringe Anzahl Blattläuse gezählt wurde.



Nymphen, die Vorstadien zu geflügelten Tieren, traten unabhängig von der Blattlausart und der Bodenbearbeitungsvariante, erstmalig am 20.7.99 auf, mit Ausnahme von *A. pisum* und *M. viciae* in der „Strohmulch“-Variante, bei denen schon am 13.7. Nymphen gefunden wurden. Im „Senf“ konnten keine Nymphen von *M. viciae* bonitiert werden (Tab. 4.11, Abb. 4.10). Am 20.7.99 war der Höhepunkt der Blattlausentwicklung zu verzeichnen (Abb. 4.19 in Kap. 4.1.3.5), was normalerweise mit verstärktem Auftreten von Geflügelten einhergeht, da aufgrund des Gedrängefaktors die Entwicklung von Geflügelten zur Neubesiedlung von weiter entfernt gelegenen Pflanzen induziert wird.

**Tab. 4.11:** Anteil von Alaten und Nymphen an der Gesamtzahl aller Morphen in % zum Zeitpunkt des Befallshöhepunktes am 20.7.99 und am 28.7.99 bei den 3 Haupt-Blattlausarten *Aphis fabae*, *Acyrtosiphon pisum* und *Megoura viciae*

Anteil in %		20.07.99			28.07.99		
		<i>A. fabae</i>	<i>A. pisum</i>	<i>M. viciae</i>	<i>A. fabae</i>	<i>A. pisum</i>	<i>M. viciae</i>
alat	konv	17,04	0,08	2,05	0,65	0,00	0,99
	Senf	0,01	0,08	1,33	0,07	0,29	25,00
	Stroh	24,23	0,05	1,51	0,00	2,44	2,84
Nymphe	konv	53,42	3,06	2,46	61,19	53,26	0,00
	Senf	13,23	0,33	0,00	1,29	8,43	0,00
	Stroh	0,93	0,60	0,27	0,00	9,76	6,53

Bei der sich massiv vermehrenden Blattlausart *A. fabae* war der Anteil an Nymphen am 20.7. und 28.7. in der „konventionellen“ Bodenbearbeitungsvariante um ein Vielfaches höher als in den Mulchvarianten, besonders in der „Strohmulch“-Variante (Tab. 4.11, Abb. 4.8). Bei *A. pisum* war der gleiche Trend zu verzeichnen, allerdings nicht ganz so deutlich (Tab. 4.11, Abb. 4.9). Gerade bei *A. fabae* lag in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung ein wesentlich stärkerer Blattlausbefall vor als in der Variante mit „Strohauflege“ (mittlere Summe im Zeitraum vom 22.6.-13.7. bei *A. fabae*: „konv“ 504,8 Läuse/Pflanze, „Stroh“ 244,6 Läuse/Pfl., bei *A. pisum*: „konv“ 311,5 Läuse/Pfl., „Stroh“ 141,4 Läuse/Pfl., Abb. 4.6), und es gab durch den stärkeren Befallsdruck und den daraus folgenden Gedrängefaktor einen erheblich stärkeren Druck zur Ausbildung von Geflügelten.

#### 4.1.3 Blattlaus-Phänologie

Mit Hilfe von Gelbfangschalen wurden die geflügelten Blattläuse erfasst, die sich im Befallsflug (Erstbesiedlung im Frühjahr und Sommermigration) auf den Pflanzenbestand befanden und / oder positiv auf Gelb reagieren. Ergänzend dazu konnten mit Hilfe von Sichtbonituren die siedelnden Blattlausarten ermittelt werden. Beide Methoden zusammen lieferten ein Bild von der Blattlausphänologie in Ackerbohne, Lupine und Erbse.

Die vier Versuchsjahre zeigten unterschiedliche Phänologien von Blattläusen und ihren Antagonisten. Während es **1997** bis zur Ernte Mitte August (letzter Termin Blattlaus-Sichtbonitur am 11.8.97) einen relativ geringen Blattlausbefall, hauptsächlich von *Aphis fabae* und *Acyrtosiphon pisum*, und recht viele Nützlinge gab, traten **1998** kaum Blattlaus-Antagonisten auf, im Gegensatz zu relativ hohen Blattlausdichten in diesem Jahr. Vor allem im Ackerbohnen-Bestand kam es zu einem massiven Befall durch *A. fabae*, der etwa Mitte Mai einsetzte und sein Maximum Ende Juni erreichte (Befallshöhepunkt laut Sichtbonitur 26.6.98). Anfang Juli 1998 brach die Population dagegen schon zusammen. Auch **1999** kam es zu einem sehr massiven Blattlausbefall in der Ackerbohne (100-mal stärker als 1998). *A. fabae* war allerdings in diesem Jahr nicht die beinahe ausschließlich auftretende Art, sondern es kam auch zu einem in ähnlichem Umfang starken Befall mit *A. pisum*. Der Blattlausbefall erreichte seinen Gipfelpunkt in der zweiten Juli-Hälfte (laut Sichtbonitur 20.7.99). Danach fielen die Blattlauszahlen zwar rapide ab, erreichten aber immer noch Werte, die den Zahlen zum Befallshöhepunkt im Versuchsjahr 1998 entsprachen. Spezielle Blattlaus-Antagonisten waren 1999 weniger zu finden als im Vorjahr, polyphage deutlich mehr. 1999 waren die Unterschiede in der Blattlausbesiedlung zwischen Mulchvarianten (insbesondere „Stroh“) und ungemulchten Parzellen nicht so deutlich wie 1998. Im Versuchsjahr **2000** setzte die „explosionsartige“ Vermehrung der Blattläuse schon rund 1 Monat früher ein als 1999 und rund 3 Wochen früher als 1998. Auch der Befallsflug auf die Fläche begann im Jahr 2000 etwa 1 Woche früher als 1998 und 1999. Die höchsten Befallszahlen wurden Ende Juni 2000 dementsprechend auch etwa 3 Wochen früher als 1999 (Ende Juli) erreicht und waren an ihrem Gipfelpunkt vergleichbar.

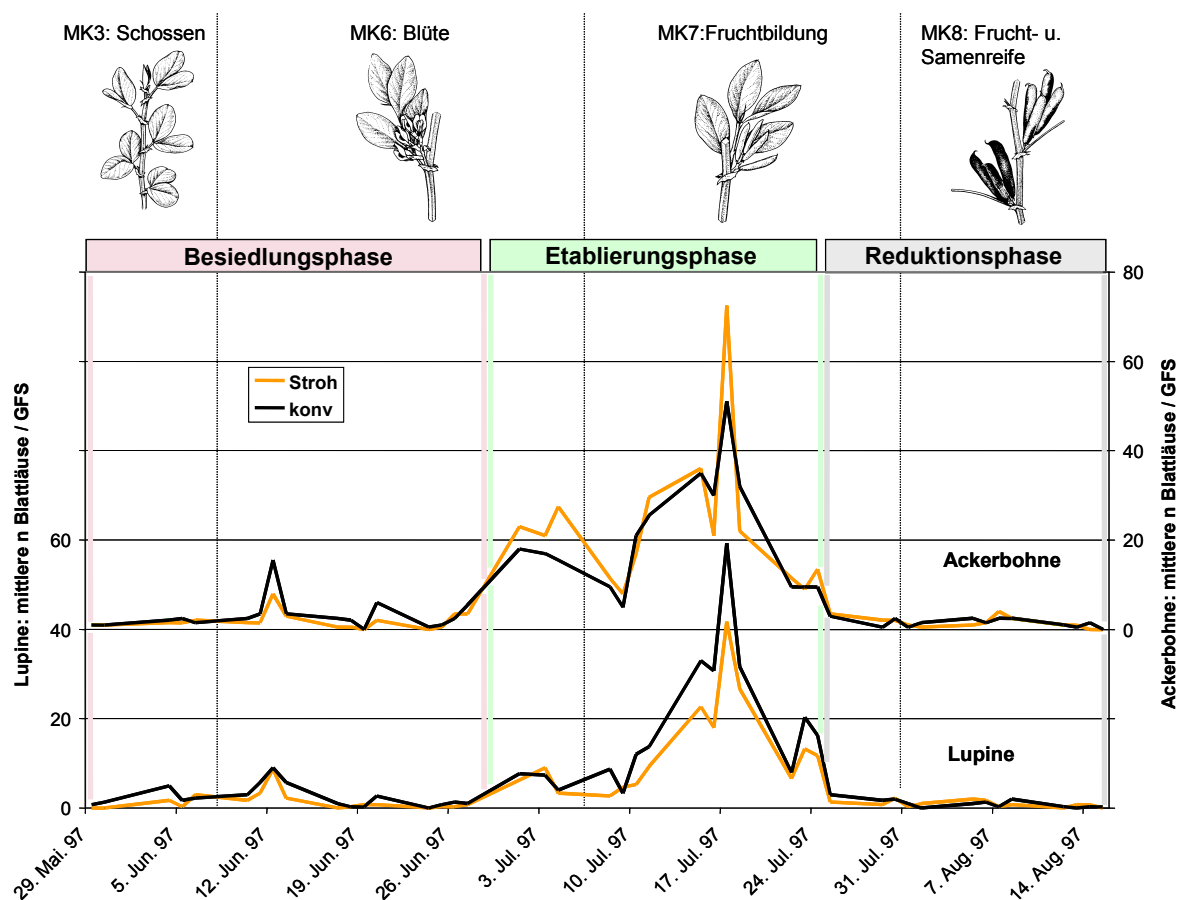
Im Gegensatz zu den Ackerbohnen trat in den Lupinen (1997-1999) kein massiver Blattlausbefall auf. 1998 wurden bei den Sichtbonituren lediglich einzelne geflügelte Morphen der 3 auch in den Ackerbohnen aufgetretenen Hauptarten (*A. fabae*, *A. pisum*, *M. viciae*) sowie punktuell Kolonien von *A. fabae* und vereinzelt *A. pisum* gefunden. *M. viciae* spielte in den Lupinen keine Rolle. Der Blattlausbefall im Lupinenbestand lag jedoch, wahrscheinlich aufgrund des insgesamt höheren Blattlausaufkommens, 1998 deutlich höher als im ersten Versuchsjahr 1997.

In der Erbsenkultur erreichte der Blattlausbefall 1999 wie in Ackerbohne seinen Gipfelpunkt in der zweiten Juli-Hälfte (laut Sichtbonitur 19.7.), obwohl die Erbsen 2 Monate später (Mitte Juni) gedrillt wurden als die Ackerbohnen (Mitte April) und Anfang Juli durch Ausbringen eines kurz wirksamen Insektizids die bis dahin etablierten

Blattlauskolonien abgetötet worden waren (Ermöglichung eines zweiten Befallsfluges). An Erbsen siedelte hauptsächlich *A. pisum*, daneben aber auch *A. fabae*.

#### 4.1.3.1 Gelbfangschalen 1997

Der Befallsflug durch die Blattläuse verlief 1997 in der Ackerbohnen- und Lupinen-Kultur parallel (Abb. 4.11). Innerhalb der „Besiedlungs-Phase“ von 4 Wochen (Ende Mai bis Ende Juni) ließ sich bei den Gelbfangschalen-Fängen in beiden Kulturen ein deutlich reduzierender Effekt des „Strohmulches“ auf die Zahl der einfliegenden Blattläuse bei der Erstbesiedlung des Kulturpflanzenbestandes erkennen.



**Abb. 4.11:** Gelbfangschalen 1997; Ackerbohne, Lupine: Phänologie geflügelter Blattläuse in den beiden Varianten im gesamten Untersuchungszeitraum 29.05.-15.08.97

In **Ackerbohne** war an 12 der 17 Leerungstermine innerhalb der „Besiedlungs-Phase“, also in 71 % der Fälle, die Anzahl einfliegender Blattläuse in der „Stroh“-Variante gegenüber der „konventionellen“ Variante reduziert (Tab. 4.12). Dabei war die Blattlauszahl im Schnitt um 53 % verringert. Betrachtet man den gesamten Befallsflug, also die Summe der gefangenen Blattläuse aller 17 Termine, so bewirkte die „Strohschicht“ eine Reduktion der anfliegenden Blattläuse um 41 %.

**Tab. 4.12:** Gelbfangschalen 1997; Ackerbohne / Lupine: Veränderung der Anzahl einfliegender Blattläuse in % in der „Stroh“-Variante gegenüber der „konventionellen“ Variante zur Zeit der „Besiedlungs-Phase“ 29.05.-27.06.97 (-: Reduktion, 0: gleicher Wert, +: Erhöhung)

Ackerbohne		Lupine	
Datum	Stroh-konv in %	Datum	Stroh-konv in %
29.05.97	0	29.05.97	-100
30.05.97	0	30.05.97	-100
04.06.97	-25	04.06.97	-66
05.06.97	-40	05.06.97	-82,4
06.06.97	33,3	06.06.97	30,4
10.06.97	-40	10.06.97	-43,3
11.06.97	-57,1	11.06.97	-42,1
12.06.97	-48,4	12.06.97	-3,3
13.06.97	-14,3	13.06.97	-59,6
17.06.97	-80	17.06.97	-100
18.06.97	-75	18.06.97	0
19.06.97	0	19.06.97	133,3
20.06.97	-66,7	20.06.97	-74,1
24.06.97	-100	24.06.97	0
25.06.97	-50	25.06.97	-57,1
26.06.97	40	26.06.97	-76,9
27.06.97	-36,4	27.06.97	-30
Gesamt-Red.	-40,6	Gesamt-Red.	-42,4

Bei der 100%igen Reduktion der Zahl einfliegender Blattläuse in Tab. 4.12 ist zu beachten, dass sich in den Gelbfangschalen der „Stroh“-Variante jeweils keine Blattlaus fing, gegenüber verschiedenen Fangzahlen in der „konventionellen“ Variante.

In **Lupine** bot sich ein ähnliches Bild wie in Ackerbohne. An 13 der 17 Leerungstermine innerhalb der „Besiedlungs-Phase“, also in 76 % der Fälle, trat im „Stroh“ eine Verringerung der Blattlauszahlen auf, wobei an diesen 13 Terminen mit einer Blattlaus-Reduktion im Mittel in der „Strohmulch“-Variante 64 % weniger Blattläuse einflogen als in der Variante mit „konventioneller“ Bodenbearbeitung (Tab. 4.12). Betrachtet man den gesamten Befallsflug, also die Summe der gefangenen Blattläuse aller 17 Termine, so bewirkte die „Strohschicht“ eine Reduktion der anfliegenden Blattläuse um 42 %.

Lediglich in 12 % (Ackerbohne und Lupine) der Leerungstermine innerhalb der „Besiedlungs-Phase“ flogen in der „Strohmulch“-Variante mehr Blattläuse in die Gelbfangschalen als in Parzellen mit „konventioneller“ Bodenbearbeitung. In 18 % der Fälle (Ackerbohne) bzw. 12 % (Lupine) waren die Fangzahlen in beiden Varianten gleich (Tab. 4.12).

**Tab. 4.13:** Gelbfangschalen 1997; Ackerbohne / Lupine: mittlere Anzahl Blattläuse pro Gelbfangschale und Veränderung der Anzahl einfliegender Blattläuse in % in der „Stroh“ / „Senf“-Variante gegenüber der „konventionellen“ Variante in den einzelnen Blattlaus-Befallsphasen; Besiedlung: 29.5.-27.6., Etablierung: 1.7.-24.7., Reduktion: 25.7.-15.8. (-: Reduktion, 0: gleicher Wert, +: Erhöhung)

<b>Ackerbohne</b>				
Phase	konv	Stroh	Stroh-konv in %	n Leerungen
Besiedlung	3,1	1,9	-40,6	17
Etablierung	20,6	23,1	12,2	14
Reduktion	1,5	1,5	0	13

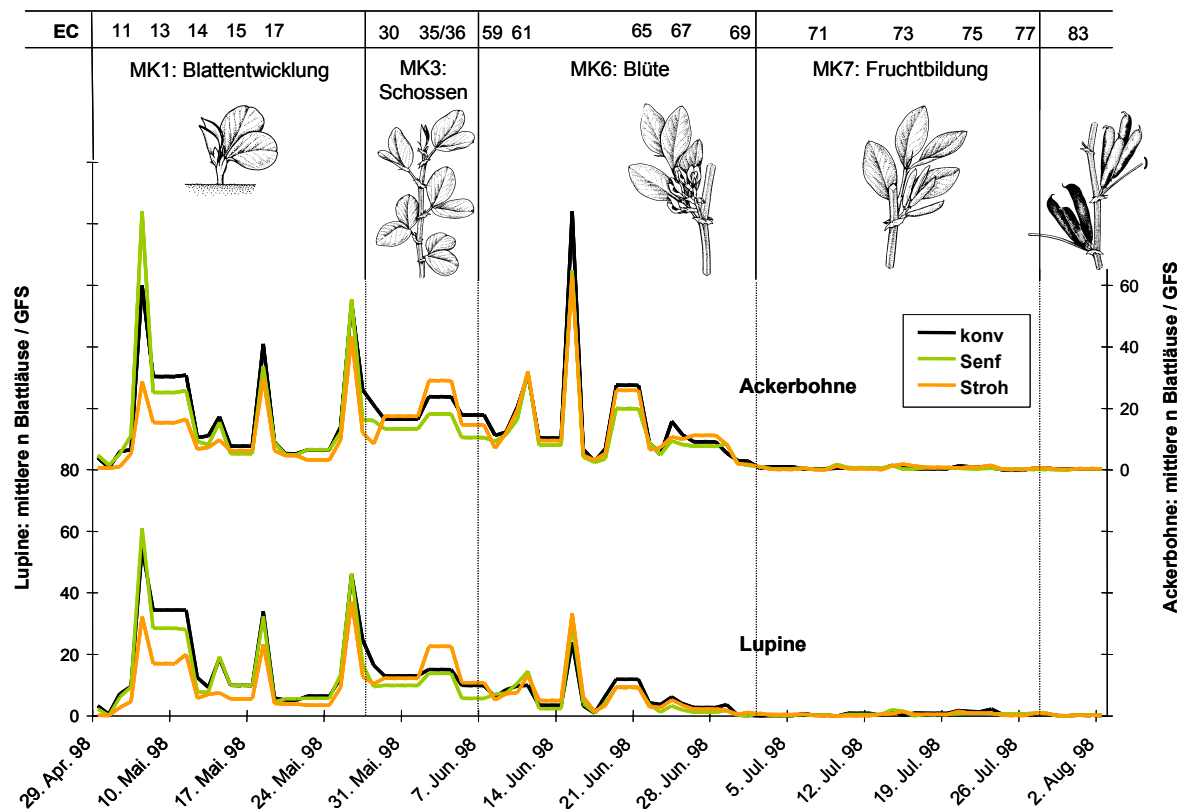
<b>Lupine</b>				
Phase	konv	Stroh	Stroh-konv in %	n Leerungen
Besiedlung	2,5	1,4	-42,4	17
Etablierung	18,3	13,0	-29,1	14
Reduktion	1,0	0,9	-11,4	13

In der **Ackerbohnen**-Kultur verschwanden die Unterschiede zwischen „Strohmulch“ und „konventioneller“ Bodenbearbeitung ab Anfang Juli mit Beginn der „Etablierungs-Phase“ (1.7.-24.7., Tab. 4.13). In der Zeit bis Ende Juli zeigte die „Strohaufgabe“ nur noch in 29 % der Leerungstermine eine reduzierende Wirkung auf die Blattlauszahlen, in 71 % der Fälle fingen sich im „Stroh“ mehr Blattläuse in den Gelbfangschalen als in den Parzellen mit „konventioneller“ Bodenbearbeitung. In der „Reduktions-Phase“ der Blattlauspopulation von Ende Juli bis Mitte August hatte die „Stroh-Ausbringung“ lediglich in 31 % der Leerungstermine eine Verringerung der Blattlauszahlen gegenüber der „konventionellen“ Variante zur Folge (Abb. 4.11).

Im **Lupinen**bestand blieb das Verhältnis der Fangzahlen zwischen „Stroh“ und „konventionell“ über den gesamten Fangzeitraum erhalten (Abb. 4.11, Tab. 4.13). Auch in der „Etablierungs-Phase“ zeigte die „Strohmulchschicht“ sogar in 86 % der Leerungstermine (gegenüber 76 % in der „Besiedlungs-Phase“) eine Blattlaus-reduzierende Wirkung. Innerhalb der „Reduktions-Phase“ fingen sich im „Stroh“ immer noch 46 % weniger Blattläuse.

#### 4.1.3.2 Gelbfangschalen 1998

Während im Versuchsjahr 1997 anhand der Gelbfangschalen-Fänge gut eine Einteilung des Blattlausbefalls in 3 Phasen vorgenommen werden konnte, war diese Untergliederung in „Besiedlungs“- „Etablierungs“- und „Reduktions-Phase“ 1998 nicht ohne weiteres möglich. Der Befallsflug verlief jedoch wie 1997 auch 1998 in Ackerbohne und Lupine parallel (Abb. 4.12).



**Abb. 4.12:** Gelbfangschalen 1998; Ackerbohne, Lupine: Phänologie geflügelter Blattläuse in den 3 Varianten im gesamten Untersuchungszeitraum 29.04.-02.08.98

Auch bei den Gelbfangschalen-Fängen 1998 war in beiden Kulturfrüchten eine hoch signifikant ( $p < 0,01$ ) reduzierende Wirkung der „Strohmulchschicht“ auf die Anzahl einfliegender Blattläuse beim ersten Befallsflug im Frühjahr zu erkennen. Dieser Effekt des „Strohs“ trat gegenüber der „konventionellen“ Variante deutlich hervor, aber auch gegenüber der zweiten Mulchvariante, der Zwischenfrucht „Senf“. Die Wirkung des „Strohs“ hielt ungefähr bis Ende Mai an und endete damit einen Monat eher als im Versuchsjahr 1997. Allerdings scheint 1998 der Befallsflug der Blattläuse auch ca. einen Monat früher begonnen zu haben als 1997. Während die „Besiedlungs-Phase“ 1997 mit dem Zeitraum 29.05.-27.06.97 festgelegt wurde, setzte der Befallsflug 1998 schon Mitte April ein. Die Aussaat von Ackerbohne und Lupine erfolgte in allen Versuchsjahren Mitte April. Dementsprechend war auch die Entwicklung der Kulturpflanzen vergleichbar: Beginn der Blüte Anfang Juni, Ende Anfang Juli.

In der **Ackerbohnen**-Kultur bewirkte die „Strohmulchschicht“ 1998 innerhalb der „Besiedlungs-Phase“ (29.4.-6.6.) in 80 % der Fälle eine Reduktion der Blattlauszahlen gegenüber der „konventionellen“ Variante, d. h., an 28 von 35 Fangterminen waren in der „Strohmulch“-Variante weniger geflügelte Blattläuse in den Gelbfangschalen zu finden als in der „konventionellen“ Variante. „Stroh“ bewirkte an diesen 28 Terminen mit Reduktion der Blattlauszahlen eine mittlere Reduzierung der in Gelbfangschalen einfliegenden Blattläuse um 38 %, bei Berücksichtigung auch der Termine mit höheren Fangzahlen als in „konventioneller“ Bodenbearbeitung um 28 % und eine maximale von 60 %.

**Tab. 4.14:** Gelbfangschalen 1998; Ackerbohne / Lupine: mittlere Anzahl Blattläuse pro Gelbfangschale und Veränderung der Anzahl einfliegender Blattläuse in % in der „Stroh“ / „Senf“-Variante gegenüber der „konventionellen“ Variante in den einzelnen Blattlaus-Befallsphasen; Besiedlung: 29.4.-6.6., Etablierung: 7.6.-29.6., Reduktion: 30.6.-2.8. (-: Reduktion, 0: gleicher Wert, +: Erhöhung)

<b>Ackerbohne</b>						
Phase	konv	Senf	Stroh	Stroh-konv in %	Senf-konv in %	n Leerungen
Besiedlung	18,0	16,0	13,0	-28	-11	35
Etablierung	16,5	13,1	15,0	-10	-21	23
Reduktion	0,7	0,5	0,6	-9	-21	34

<b>Lupine</b>						
Phase	konv	Senf	Stroh	Stroh-konv in %	Senf-konv in %	n Leerungen
Besiedlung	16,3	14,3	11,5	-29	-12	35
Etablierung	6,8	5,9	6,7	-1	-14	23
Reduktion	0,6	0,5	0,5	-18	-13	34

In der zweiten Mulchsaatvariante, dem „Senf“, wurden an 27 von 35 Fangterminen innerhalb der „Besiedlungs-Phase“ niedrigere Blattlauszahlen als in der „konventionell“ bearbeiteten Fläche ermittelt, es trat also in 77 % der Fälle eine Reduzierung der einfliegenden Blattläuse durch die Zwischenfrucht „Senf“ auf. Der Unterschied war aber nicht signifikant. Es kam dabei zu einer mittleren Reduzierung von 20 %, wenn man nur die Termine mit Blattlausreduzierung berücksichtigt und von 11 % bei Einbeziehung aller Fangtermine während der „Besiedlungs-Phase“, bei einem Maximalwert von 41 % (Abb. 4.12, Tab. 4.14).

Innerhalb der „Etablierungs-Phase“ (7.6.-29.6.) war sowohl im „Stroh“ (n.s.) als auch im „Senf“ (n.s.) ebenfalls eine Reduzierung der Zahl der einfliegenden Blattläuse im Vergleich mit der „konventionellen“ Variante zu erkennen. Im „Stroh“ eine mittlere Reduktion um 10 % (max. 50 %), in 70 % der Fälle, im „Senf“ sogar im Mittel um 21 % (max. 55 %) in 83 % der Fälle. 1998 verlor die Mulchsaat, insbesondere die „Strohmulchschicht“, im Gegensatz zu 1997 offensichtlich nicht nach der Erstbesiedlung des Bestandes mit Abschluss der „Besiedlungs-Phase“ ihre Blattlaus-reduzierende Wirkung.

In der „Reduktions-Phase“ (30.6.-2.8.) gab es, anders als in Ackerbohne 1997, immer noch eine Reduktion der Blattlaus-Fangzahlen in beiden Mulchsaatvarianten gegenüber der „konventionellen“ Bodenbearbeitung. Die „Strohschicht“ bewirkte eine mittlere Reduktion um 9 % (max. 100 %) in 59 % der Fälle, die Zwischenfrucht „Senf“ eine mittlere Reduktion um 21 % (max. 100 %) in 56 % der Fälle. Allerdings waren die Unterschiede nicht signifikant.

In der „Besiedlungs-Phase“ in Ackerbohne zeigte „Stroh“ die größte Wirkung, auch gegenüber „Senf“ (mehr als zweifache Reduzierung des Blattlausanfluges gegenüber der „Senf“-Variante). Später, in der „Etablierungs“- und „Reduktions-Phase“ der Blattläuse hatte die „Strohschicht“ zwar immer noch eine reduzierende Wirkung gegenüber der

„konventionellen“ Bodenbearbeitungsvariante, aber gegenüber der Zwischenfrucht „Senf“ trat diese Wirkung immer mehr zurück. Jetzt zeigte „Senf“ den 2-fachen („Etablierungs-Phase“) bzw. fast den 2,5-fachen Blattlaus-reduzierenden Effekt („Reduktions-Phase“) (Tab. 4.14).

In der **Lupinen**-Kultur wurden in der „Besiedlungs-Phase“ (29.4.-6.6.) ähnliche Ergebnisse wie parallel in der Ackerbohnen-Kultur erzielt (Tab. 4.14). Die „Strohschicht“ bewirkte auch hier die deutlichste Reduzierung der Zahl der einfliegenden Blattläuse. An 30 von 35 Fangterminen, also in 86 % der Fälle, wurden im „Stroh“ Ende April bis Anfang Juni niedrigere Fangzahlen geflügelter Blattläuse in Gelbfangschalen als in der „konventionellen“ Variante ermittelt. Innerhalb dieser 86 % wurde eine mittlere Reduzierung der Blattlauszahlen um 39 % (max. 92 %), insgesamt eine mittlere Reduzierung von 29 % erreicht. Die Unterschiede zwischen „konventionell“ und „Stroh“ waren hoch signifikant ( $p < 0,01$ ).

Auch die Zwischenfrucht „Senf“ lieferte in der Lupine eine vergleichbare, allerdings nicht signifikante, Reduzierung des Blattlausanfluges wie in der Ackerbohnen-Kultur, nämlich bei Berücksichtigung aller Fangtermine eine mittlere Reduktion um 12 % (Tab. 4.14). Bei Betrachtung lediglich der Termine mit Blattlaus-Reduzierung, die in 83 % der Fälle auftrat, kam es zu einer mittleren Reduktion der geflügelten Blattläuse um 19 % (max. 50 %).

In der „Etablierungs-Phase“ (7.6.-29.6.) ging der Effekt des „Strohmulchs“ deutlich, aber nicht signifikant, auf 1 % mittlere Reduktion der anfliegenden Blattläuse im Vergleich zur „konventionellen“ Variante zurück (bei Betrachtung aller Termine, auch derjenigen ohne reduzierenden Effekt), während sie im „Senf“ mit 14 % zwar nicht ganz so hoch wie in der Ackerbohnen-Kultur ausfiel, aber dennoch eine deutliche (n.s.) Reduzierung der Blattlauszahlen darstellte. Die „Strohschicht“ bewirkte eine mittlere Reduktion um 24 % (max. 50 %) in 65 % der Fälle, die Zwischenfrucht „Senf“ eine mittlere Reduktion um 38 % (max. 67 %) in 74 % der Fälle.

Die „Strohauflage“ zeigte dafür aber im Vergleich zur „Etablierungs-Phase“ in der „Reduktions-Phase“ der Blattlausentwicklung (30.6.-2.8.) noch einmal einen deutlich (n.s.) stärker reduzierenden Effekt mit 18 % durchschnittlicher Verringerung der Anflugzahlen gegenüber halb so starker Wirkung des „Strohs“ in der Ackerbohnen-Kultur (Tab. 4.14). Eine Reduktion der Blattlauszahlen war in 53 % der Fälle zu beobachten, mit einer mittleren Verringerung der Blattläuse von 53 % (max. 90 %) bei ausschließlicher Betrachtung der Termine, an denen eine Reduzierung der einfliegenden Blattläuse gegenüber „konventionell“ stattfand.

„Senf“ zeigte in der Lupine in allen drei Besiedlungs-Phasen einen ähnlich stark reduzierenden Effekt. So lag die Zahl der einfliegenden Blattläuse in der „Reduktions-Phase“ durchschnittlich um 13 % unter derjenigen in der „konventionellen“ Bodenbearbeitungsvariante (Tab. 4.14, n.s.). Eine Reduktion der Blattlauszahl war an

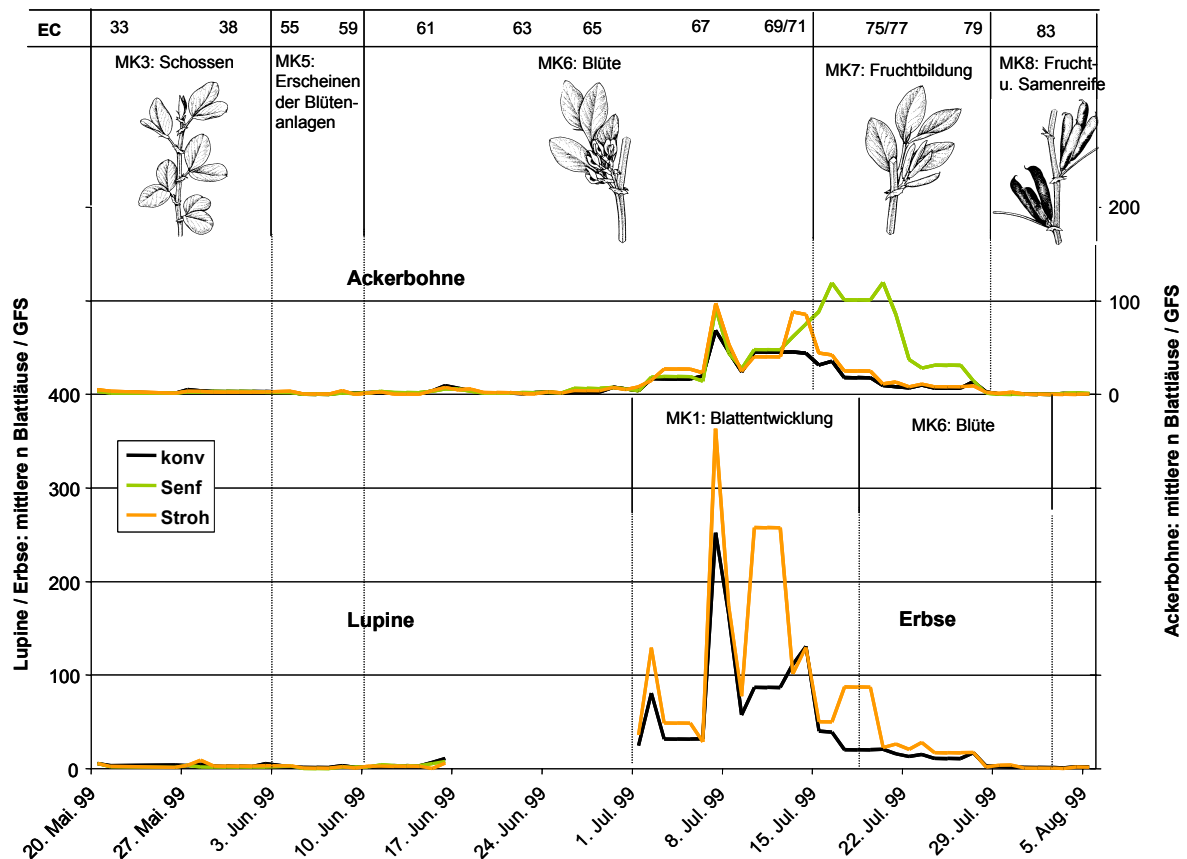


44 % der Termine zu verzeichnen, mit einem mittleren Wert von 58 % (max. 100 %) bei ausschließlicher Berücksichtigung der Fangtermine mit Blattlaus-Reduzierung.

#### **4.1.3.3 Gelbfangschalen 1999**

Durch die Auflaufschwierigkeiten der Lupine und der Umstellung auf Erbse ab dem 1. Juli (s. Kap. 3.2.1) konnte 1999 der Gelbfangschalenfang nur in der Ackerbohnen-Kultur über alle 3 Blattlaus-Besiedlungsphasen betrachtet werden. In der Lupinen-Kultur konnte immerhin noch die beim Einsatz von Gelbfangschalen wichtigste „Besiedlungs-Phase“, d. h. der erste Zuflug von geflügelten Blattläusen auf die Fläche im Frühjahr, erfasst werden. In der Erbsen-Kultur sollte ebenfalls dieser erste Zuflug auf die Pflanzen erfasst werden. Da dieser jedoch wegen später Aussaat der Erbsen mitten in der eigentlichen „Etablierungs-Phase“ der Blattläuse (22.6.-20.7.) stattfand, wurden die Ergebnisse verfälscht. Die „Strohmulchschicht“ konnte ihre Wirkung nicht unbeeinflusst zeigen, da sich die Blattlausentwicklung in der benachbarten Ackerbohnen-Kultur schon auf dem dem Jahresverlauf gemäßen Entwicklungsstand befand. Parallel zur Ackerbohnen-Kultur zeigte das „Stroh“ keine reduzierende Wirkung auf die Zahl der einfliegenden Blattläuse mehr, wie zur Zeit der „Besiedlungs-Phase“ in Ackerbohne und Lupine. Zur Zeit des Erstbeflugs auf die Erbsen-Pflanzen waren im „Stroh“, wie zeitgleich in der Ackerbohne, mehr Blattläuse in den Gelbfangschalen zu finden als in den „konventionell“ behandelten Parzellen (Abb. 4.13).

In Ackerbohne und Lupine zeigten beide Mulchsaatvarianten, wie auch in den vorherigen beiden Versuchsjahren, eine Reduzierung der Zahl der einfliegenden Blattläuse beim Erstbefall des Bestandes. „Senf“ hatte dabei in beiden Kulturen eine noch größere Wirkung als „Stroh“. In Ackerbohne war dieser Effekt der Zwischenfrucht „Senf“ mit einer mittleren Reduzierung des Blattlausbefalls um 16 % viermal größer als die Wirkung der „Strohauflage“ mit einer mittleren Reduzierung der Fangzahlen um 4 % (Tab. 4.15, n.s.). In der Lupinen-Kultur waren die Unterschiede zwischen „Stroh“ und „Senf“ mit durchschnittlich 17 % Reduzierung des Blattlausanfluges im „Stroh“ sowie 22 % Reduzierung im „Senf“ nicht so groß wie in der Ackerbohne. Die Unterschiede zwischen „konventionell“ und den Mulchvarianten waren ebenfalls nicht signifikant.



**Abb. 4.13:** Gelbfangschalen 1999; Ackerbohne, Lupine / Erbse: Phänologie geflügelter Blattläuse in den 3 Varianten im gesamten Untersuchungszeitraum 20.05.-05.08.99

In Ackerbohne waren in der „Strohmulch“-Variante an 54 % der Fangtermine weniger geflügelte Blattläuse in den Gelbfangschalen zu finden als auf den „konventionell“ bearbeiteten Flächen, mit einer mittleren Reduzierung der Blattlauszahlen innerhalb dieser 54 % von 30 % und einem Maximalwert von 100 %. In der Zwischenfrucht „Senf“ trat innerhalb der „Besiedlungs-Phase“ in 86 % der Fälle eine Reduzierung des Blattlausanfluges auf, mit einer mittleren Reduktion um 23 % (max. 58 %), wenn man nur Termine mit weniger Blattläusen als in der „konventionellen“ Variante berücksichtigt.

Im Gegensatz zum Versuchsjahr 1998, wo die Fangzahlen geflügelter Blattläuse in Gelbfangschalen in allen Blattlaus-Befallsphasen in den Mulchsaatvarianten gegenüber der „konventionellen“ Variante reduziert waren, zeigten 1999 in der Ackerbohnen-Kultur in „Etablierungs“- und „Reduktions-Phase“ sowohl „Senf“ als auch die „Strohmulchschicht“ keine Blattlaus-reduzierende Wirkung mehr. Im Gegenteil waren die Fangzahlen jetzt gegenüber der „konventionellen“ Bodenbearbeitung zum Teil beträchtlich erhöht (Tab. 4.15). Die Unterschiede zwischen „konventioneller“ Bearbeitung und „Senf“ waren teilweise höchst signifikant (Tab. 4.83a-d).

**Tab. 4.15:** Gelbfangschalen 1999; Ackerbohne / Lupine: mittlere Anzahl Blattläuse pro Gelbschale und Veränderung der Anzahl einfliegender Blattläuse in % in der „Stroh“ / „Senf“-Variante gegenüber der „konventionellen“ Variante in den einzelnen Blattlaus-Befallsphasen; Ackerbohne: Besiedlung: 20.5.-21.6., Etablierung: 22.6.-20.7., Reduktion: 21.7.-5.8.; Lupine: nur Besiedlung: 20.5.-16.6. (-: Reduktion, 0: gleicher Wert, +: Erhöhung)

20.5.-5.8.		Ackerbohne				
Phase	konv	Senf	Stroh	Stroh-konv in %	Senf-konv in %	n Leerungen
Besiedlung	2,7	2,3	2,6	-4	-16	28
Etablierung	21,1	41,7	27,6	31	98	29
Reduktion	4,1	16,5	4,5	10	300	16

20.5.-16.6.		Lupine				
Phase	konv	Senf	Stroh	Stroh-konv in %	Senf-konv in %	n Leerungen
Besiedlung	3,5	2,7	2,9	-17	-22	23

## Sichtbonituren

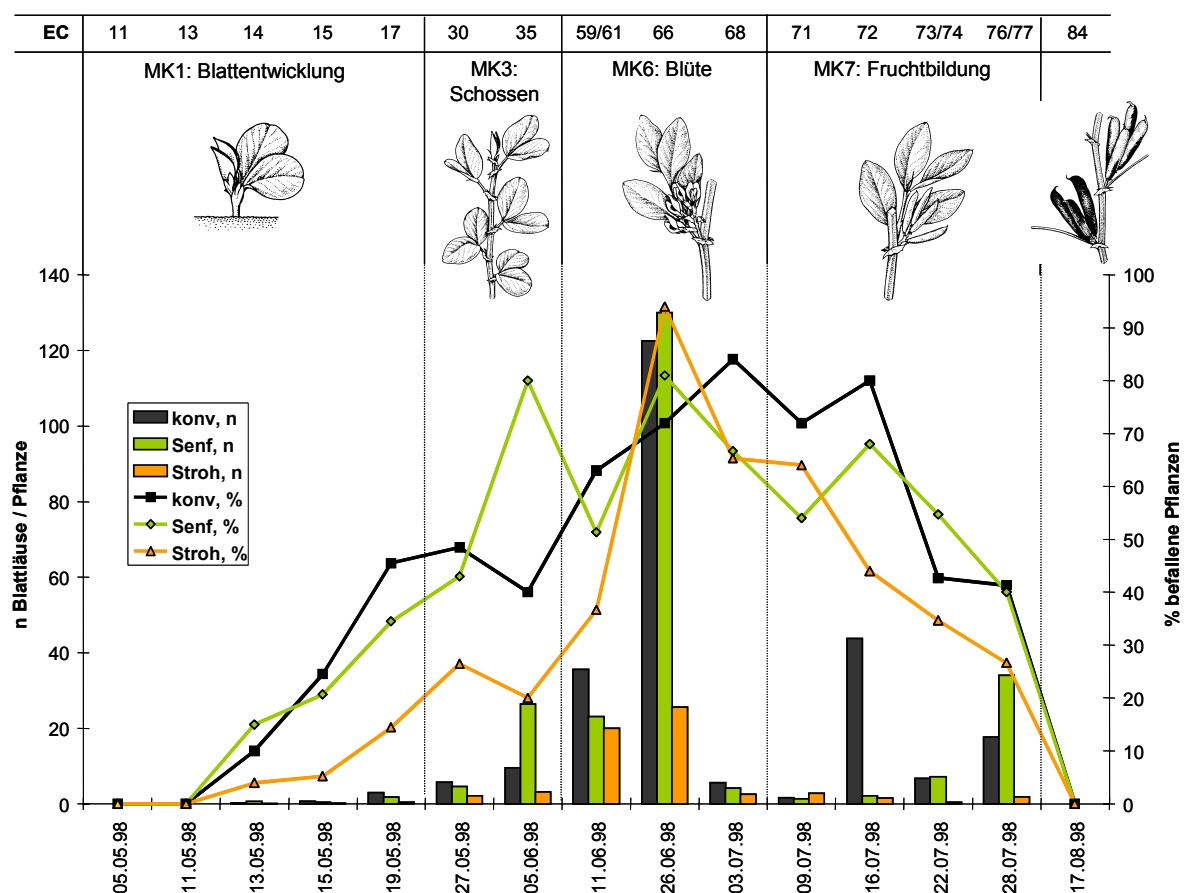
Während mit Hilfe von Gelbfangschalen nur aktiv in die Schalen einfliegende, also lebende alate Blattläuse gefangen wurden, konnten bei den Sichtbonituren lebende, tote (ohne erkennbare Todesursache), parasitierte und verpilzte Läuse unterschieden werden. Diese getrennte Betrachtung der parasitierten und verpilzten Tiere liefert zusätzliche Erkenntnisse zum Einfluss derjenigen Blattlaus-Antagonisten (Schlupfwespen und entomophage Pilze), die Blattläuse nicht fressen, sondern anderweitig töten. Bei ausschließlicher Betrachtung der lebenden Blattläuse würde der Einfluss der Prädatoren nur indirekt durch Verringerung der Befallszahlen infolge des Beutefangs der Raubarthropoden sichtbar werden.

### 4.1.3.4 Blattlaus-Sichtbonituren 1998

Abb. 4.14 zeigt die Phänologie der Blattläuse (Gesamtzahl aller Arten und Morphen) 1998 im Variantenvergleich in Ackerbohnen. Dargestellt ist die Anzahl Aphiden pro Pflanze und der Anteil befallener Pflanzen in Prozent an den einzelnen Boniturterminen. Die mit Hilfe der Sichtbonitur erfasste Blattlaus-Besiedlung begann in diesem Jahr in allen 3 Varianten Mitte Mai (13.5.) und endete Ende Juli (28.7.). Vor und nach diesem Zeitraum wurde mit dieser Methode kein Blattlausbefall ermittelt.

Der Peak der Blattlaus-Entwicklung war Ende Juni 1998 mit einem mittleren Befall von 124 lebenden Blattläusen (130 gesamt) pro Pflanze im „Senf“, 74 lebenden (123 gesamt) in der „konventionellen“ Variante und 25 lebenden (26 gesamt) im „Stroh“ (Abb. 4.14 u. 4.15). Diese höchste Blattlaus-Besiedlung fiel in die Blüte-Phase der Ackerbohnen-Pflanzen (EC 59-66). Danach fielen die Blattlauszahlen pro Pflanze rapide ab, der Anteil blattlausbefallener Pflanzen ging erheblich langsamer zurück.

Die Blattlauszahlen waren, von Ausnahmen abgesehen, im gesamten Boniturzeitraum in beiden Mulchsaatvarianten „Senf“ und „Stroh“ deutlich gegenüber der „konventionellen“ Variante reduziert. Dies galt sowohl für die Anzahl Blattläuse je Pflanze als auch für den prozentualen Anteil blattlausbefallener Pflanzen, wobei der „Strohmulchschicht“ die deutlich stärkere Wirkung zukam (Abb. 4.14, Tab. 4.16 u. 48). Besonders in der „Besiedlungs-Phase“ der Blattläuse (Mitte Mai bis Ende Juni) und mit Beginn der „Etablierungs-Phase“ (Ende Juni bis Anfang Juli) wurden im „Stroh“ regelmäßig die geringsten und in „konventioneller“ Bearbeitung die höchsten Blattlausdichten pro Pflanze erreicht, bis auf einen Ausreißer am 5. Juni im „Senf“, der durch eine extrem hohe Zahl in einer Parzelle bedingt war. Ab Ende Juni ließ dieser Einfluss nach. Dann wurde der Blattlausbefall derart massiv, daß ein Maximalwert von über 90 % befallener Pflanzen in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung und der „Strohmulchvariante“, im „Senf“ immer noch von über 80 % erreicht wurde (Abb. 4.14). *Aphis fabae* hatte dabei den Hauptanteil. Sie war deutlich eudominant und hatte in „konventioneller Bearbeitung“ und „Senf“ einen Anteil von 84 % bzw. 95 %, in „Stroh“ immer noch von 73 % (s. Abb. 4.2 in Kap. 4.1.1.2). In geringerem Maße wurden die Ackerbohnen ferner durch *Acyrtosiphon pisum* und *Megoura viciae* befallen. Letztere trat erst spät im Bestand auf.



**Abb. 4.14:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998; Ackerbohne: Phänologie der Gesamtzahl Blattläuse (lebend + tot + parasitiert + verpilzt) im gesamten Fangzeitraum (5.5.-17.8.98) in den 3 Varianten, Zahl Blattläuse pro Pflanze (Säule), Anteil befallener Pflanzen in % (Linie); mit Darstellung des Entwicklungsstadiums der Bohnenpflanzen

Dabei entfaltete die „**Strohschicht**“ ihre Blattlaus-fernhaltende Wirkung besonders in der „Besiedlungs-Phase“ der Blattläuse (5.5.-5.6.). Hier war die Anzahl Blattläuse gesamt (lebend + tot + parasitiert + verpilzt) pro Pflanze an jedem Boniturtermin reduziert, zwischen maximal 85 % und minimal 64 % (im Mittel um 74 %). Aber auch in der „Etablierungs-Phase“ (11.-26.6.) und zum großen Teil auch in der „Reduktions-Phase“ (3.7.-17.8.) waren die Blattlauszahlen pro Pflanze gegenüber der „konventionellen“ Bodenbearbeitung erniedrigt (Tab. 4.16): in der „Etablierungs-Phase“ zwischen 79 und 44 % (im Mittel um 61 %) und innerhalb der „Reduktions-Phase“ auch noch um maximal 97 und minimal 54 % (im Mittel um 51 %).

**Tab. 4.16:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998; Ackerbohne: Erhöhung Erh. (+) / Reduktion Red. (-) des Gesamt-Blattlausbefalls (Blattläuse lebend + tot + parasitiert + verpilzt) in "Senf" oder "Stroh" gegenüber "konv" um x %; mittlere Anzahl Blattläuse pro Pflanze

Termin	Erh./Red. in % <b>Senf</b>	Erh./Red. in % <b>Stroh</b>	
05.05.1998	keine Läuse	keine Läuse	<b>Besiedlungs-Phase</b>
11.05.1998	keine Läuse	keine Läuse	
13.05.1998	+ 125,9	- 77,8	
15.05.1998	- 36,2	- 74,0	
19.05.1998	- 40,3	- 85,0	
27.05.1998	- 19,9	- 63,7	
05.06.1998	+ 175,0	- 67,7	
11.06.1998	- 34,9	- 43,7	<b>Etablierungs-Phase</b>
26.06.1998	+ 6,1	- 79,1	
03.07.1998	- 27,4	- 54,0	<b>Reduktions-Phase</b>
09.07.1998	- 16,9	+ 79,2	
16.07.1998	- 95,3	- 96,6	
22.07.1998	+ 6,8	- 93,0	
28.07.1998	+ 92,7	- 89,8	
17.08.1998	keine Läuse	keine Läuse	

Was die Gesamtzahl der Blattläuse betrifft, so zeigte die Zwischenfrucht „**Senf**“ ihre stärkste Wirkung innerhalb der „Etablierungs-Phase“ der Blattläuse, mit einer mittleren Reduktion der Blattlauszahl pro Pflanze von 14 % gegenüber „konventioneller“ Bearbeitung des Bodens, und an den ersten drei Terminen innerhalb der „Reduktions-Phase“ mit einer maximalen Reduktion der Anzahl Blattläuse pro Pflanze von 95 % gegenüber „konventioneller“ Bodenbearbeitung. In der „Reduktions-Phase“ betrug die mittlere Reduktion der Anzahl Blattläuse gesamt / Pflanze immer noch 8 %. Innerhalb der „Besiedlungs-Phase“ war zwar an 3 Boniturterminen eine Reduktion der Befallszahlen zwischen 41 und 20 % zu verzeichnen, im Mittel kam es jedoch hier gegenüber der „konventionellen“ Variante zu um 41 % erhöhten Blattlauszahlen je Pflanze (Tab. 4.16).

Die Unterschiede im Gesamt-Blattlausbefall (Blattläuse lebend + tot + parasitiert + verpilzt) zwischen der „konventionellen“ und den beiden Mulchsaat-Varianten waren teilweise signifikant (Tab. 4.17). In der „**Stroh**“-Variante trat im Gesamtmittel aller Termine eine hoch signifikante Erniedrigung der Blattlauszahlen gegenüber der „konventionellen“ Bodenbearbeitung auf, in der „Besiedlungs-Phase“ der Blattläuse (5.5.-

5.6.) sogar eine höchst signifikante und in der „Etablierungs-Phase“ (11.6.-26.6.) eine signifikante Erniedrigung. Im „Senf“ waren die Blattlauszahlen an 2 Terminen innerhalb der „Besiedlungs-Phase“ signifikant bzw. hoch signifikant niedriger als in der „konventionellen“ Bodenbearbeitungsvariante. Im Gesamtmittel aller Termine und im jeweiligen Durchschnitt der 3 Befallsphasen gab es in der Zwischenfrucht-Variante keine signifikanten Unterschiede (Tab. 4.17 u. 4.18).

**Tab. 4.17:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998; Ackerbohne: Vergleich des Gesamt-Blattlausbefalls (Blattläuse lebend + tot + parasitiert + verpilzt) zwischen den 3 Varianten; mittlere Anzahl Blattläuse pro Pflanze; Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %, nach Terminen getrennt

Termin	konv, Senf		konv, Stroh		Senf, Stroh		
	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	
05.05.1998	-	-	-	-	-	-	kein BL-Befall kein BL-Befall  <b>Besiedlungs-Phase</b>
11.05.1998	-	-	-	-	-	-	
13.05.1998	-0,340	0,0588	0,210	0,2423	0,550	0,0024	
15.05.1998	0,265	0,0254	0,541	< 0,0001	0,277	0,0161	
19.05.1998	1,180	0,0039	2,485	< 0,0001	1,305	0,0014	
27.05.1998	1,140	0,2931	3,650	0,0008	2,510	0,0209	
05.06.1998	-16,800	0,0928	6,500	0,5059	23,300	0,0227	<b>Etablierungs-Phase</b>
11.06.1998	12,443	0,1467	15,563	0,0697	3,120	0,6838	
26.06.1998	-7,460	0,8895	96,910	0,0720	104,370	0,0527	<b>Reduktions-Phase</b>
03.07.1998	1,573	0,4743	3,093	0,1602	1,520	0,4894	
09.07.1998	0,260	0,7400	-1,220	0,1209	-1,480	0,0604	
16.07.1998	41,700	0,2032	42,260	0,1972	0,560	0,9863	
22.07.1998	-0,453	0,9297	6,227	0,2265	6,680	0,1946	
28.07.1998	-16,360	0,5806	15,840	0,5926	32,200	0,2773	
17.08.1998	-	-	-	-	-	-	kein BL-Befall
<b>Mittel aller Termine</b>	0,425	0,9138	10,144	0,0087	9,720	0,0119	

**Tab. 4.18:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998; Ackerbohne: Vergleich des Gesamt-Blattlausbefalls (Blattläuse lebend + tot + parasitiert + verpilzt) zwischen den 3 Varianten; mittlere Anzahl Blattläuse pro Pflanze; Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %, nach Blattlaus-Befallsphasen getrennt; Besiedlung: 5.5.-5.6., Etablierung: 11.6.-26.6., Reduktion: 3.7.-17.8.

Phase	konv, Senf		konv, Stroh		Senf, Stroh	
	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert
Besiedlung	0,285	0,2939	1,507	< 0,0001	1,222	< 0,0001
Etablierung	13,174	0,5873	56,794	0,0195	43,620	0,0569
Reduktion	2,547	0,7315	10,504	0,1571	7,957	0,2837

**Tab. 4.19:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998; Ackerbohne: Erhöhung Erh. (+) / Reduktion Red. (-) des Anteils blattlausbefallener Pflanzen (Blattläuse lebend + tot + parasitiert + verpilzt) in "Senf" oder "Stroh" gegenüber "konv" um x %

Termin	Erh./Red. in % <b>Senf</b>	Erh./Red. in % <b>Stroh</b>	
05.05.1998	kein Befall	kein Befall	<b>Besiedlungs-Phase</b>
11.05.1998	kein Befall	kein Befall	
13.05.1998	+ 50,0	- 60,0	
15.05.1998	- 15,9	- 78,6	
19.05.1998	- 24,2	- 68,1	
27.05.1998	- 11,3	- 45,4	
05.06.1998	+ 100,0	- 50,0	
11.06.1998	- 18,5	- 41,8	<b>Etablierungs-Phase</b>
26.06.1998	+ 12,5	+ 30,6	
03.07.1998	- 20,6	- 22,2	<b>Reduktions-Phase</b>
09.07.1998	- 25,0	- 11,1	
16.07.1998	- 15,0	- 45,0	
22.07.1998	+ 28,1	- 18,8	
28.07.1998	- 3,2	- 35,5	
17.08.1998	kein Befall	kein Befall	

Vergleicht man den **Anteil mit Blattläusen** (lebend + tot + parasitiert + verpilzt) **befallener Pflanzen** zwischen den 3 Varianten, so tritt die Wirkungsweise von Mulch, insbesondere von „Strohmulch“, noch deutlicher zu Tage als bei der Blattlauszahl pro Pflanze (Tab. 4.19). Hier war die mit Abstand deutlichste Wirkung der „**Strohschicht**“ mit einer mittleren Reduktion des Befalls um 60 % in der „Besiedlungs-Phase“ der Blattläuse zu erkennen, gefolgt von einer mittleren Reduzierung von 27 % innerhalb der „Reduktions-Phase“. In der „Etablierungs-Phase“ hatte die „Stroh“-Variante mit durchschnittlich 6 % weniger blattlausbefallenen Pflanzen als die „konventionelle“ Variante, anders als bei Betrachtung der Gesamtzahl Blattläuse / Pflanze mit durchschnittlich 61 % weniger Blattläusen, ihre geringste Wirkung.

Die Zwischenfrucht „**Senf**“ zeigte ihre hauptsächlich reduzierende Wirkung auf den Anteil blattlausbefallener Pflanzen innerhalb der „Reduktions-Phase“ mit durchschnittlich 7 %. In der „Etablierungs-Phase“ wurden immerhin 3 % weniger befallene Pflanzen ermittelt als in der „konventionellen“ Variante, während die Zwischenfrucht bei Besiedlung der Flächen, anders als die „Strohaufgabe“, keine abschreckende Wirkung zeigte.

**Tab. 4.20:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998; Ackerbohne: Vergleich des Anteils blattlausbefallener Pflanzen in % (Blattläuse lebend + tot + parasitiert + verpilzt) zwischen den 3 Varianten; Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %, nach Terminen getrennt

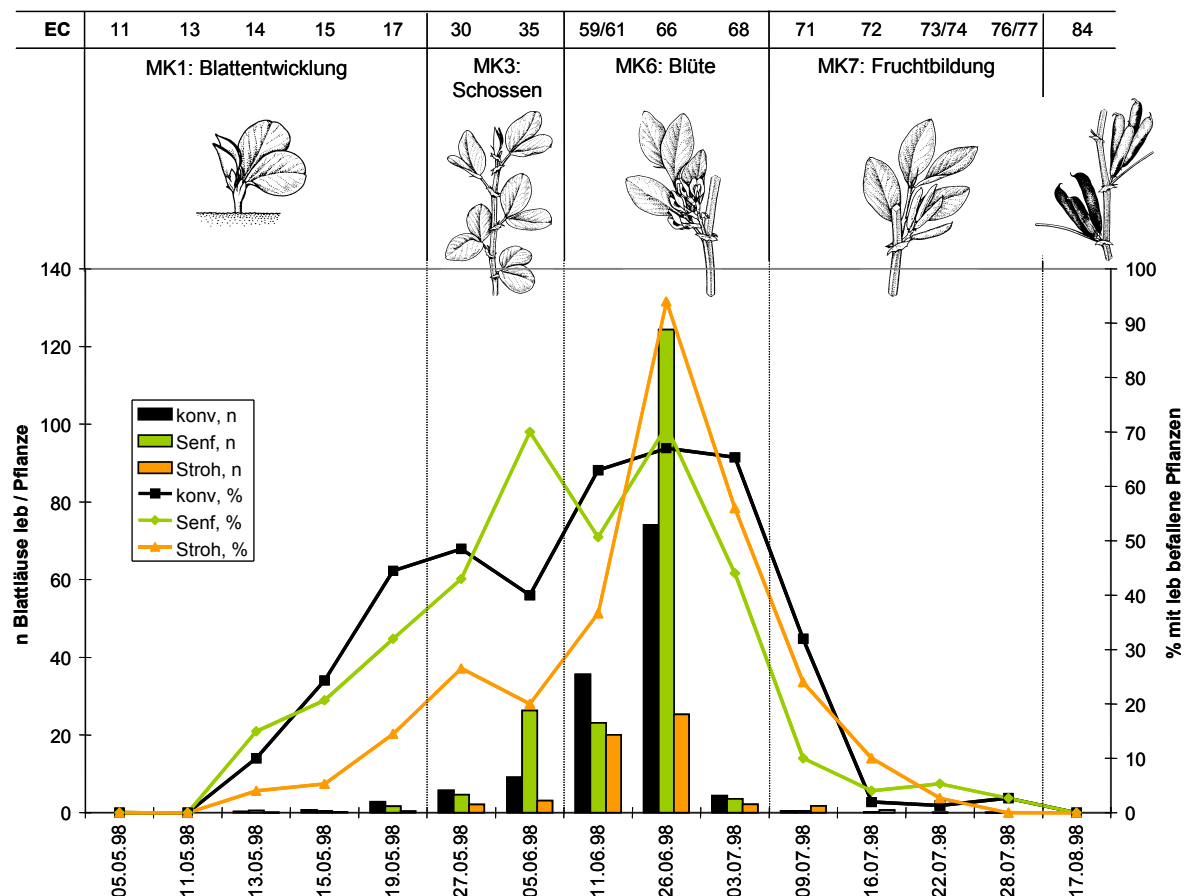
Termin	konv, Senf		konv, Stroh		Senf, Stroh		
	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	
05.05.1998	-	-	-	-	-	-	Besiedlungs-Phase kein BL-Befall kein BL-Befall
11.05.1998	-	-	-	-	-	-	
13.05.1998	-5,000	0,2294	6,000	0,1494	11,000	0,0085 **	
15.05.1998	3,905	0,1656	19,321	< 0,0001 ***	15,417	< 0,0001 ***	
19.05.1998	11,000	0,0143 *	31,000	< 0,0001 ***	20,000	< 0,0001 ***	
27.05.1998	5,500	0,2530	22,000	< 0,0001 ***	16,500	0,0006 ***	
05.06.1998	-40,000	0,0599	20,000	0,3348	60,000	0,0066 **	Etablierungs-Phase
11.06.1998	11,667	0,0663	26,333	< 0,0001 ***	14,667	0,0100 *	
26.06.1998	-9,000	0,0885	-22,000	< 0,0001 ***	-13,000	0,0141 *	Reduktions-Phase kein BL-Befall
03.07.1998	17,333	0,0176 *	18,667	0,0107 *	1,333	0,8542	
09.07.1998	18,000	0,0634	8,000	0,4071	-10,000	0,3003	
16.07.1998	12,000	0,1948	36,000	0,0001 ***	24,000	0,0101 *	
22.07.1998	-12,000	0,1374	8,000	0,3213	20,000	0,0137 *	
28.07.1998	1,333	0,8647	14,667	0,0619	13,333	0,0894	
17.08.1998	-	-	-	-	-	-	
<b>Mittel aller Termine</b>	<b>2,839</b>	<b>0,0866</b>	<b>15,278</b>	<b>&lt; 0,0001 ***</b>	<b>12,439</b>	<b>&lt; 0,0001 ***</b>	

**Tab. 4.21:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998; Ackerbohne: Vergleich des Anteils blattlausbefallener Pflanzen in % (Blattläuse lebend + tot + parasitiert + verpilzt) zwischen den 3 Varianten; Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %, nach Blattlaus-Befallsphasen getrennt; Besiedlung: 5.5.-5.6., Etablierung: 11.6.-26.6., Reduktion: 3.7.-17.8.

Phase	konv, Senf		konv, Stroh		Senf, Stroh	
	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert
Besiedlung	3,515	0,0512	18,232	< 0,0001 ***	14,717	< 0,0001 ***
Etablierung	4,300	0,3478	7,9	0,0848	3,600	0,4044
Reduktion	5,333	0,1417	14,133	0,0001 ***	8,8	0,0154 *

An beinahe allen Boniturterminen lag der Anteil befallener Pflanzen in der „Stroh“-Variante unterhalb desjenigen in der „konventionellen“ Variante, an 7 von 12 Terminen waren diese Werte sogar signifikant bzw. höchst signifikant niedriger. Im „Senf“ waren an 8 von 12 Terminen weniger Blattlaus-befallene Pflanzen als in der „konventionellen“ Variante zu finden, an zwei dieser Termine waren die Unterschiede auch signifikant (Abb. 4.14, Tab. 4.20 u. 4.21). Anders als beim Vergleich des Gesamt-Blattlausbefalls zwischen den Varianten, bei dem es nur in der „Besiedlungs“- (hauptsächlich) und „Etablierungs-Phase“ signifikante Unterschiede gab (Tab. 4.18 u. 4.19), zeigten sich beim Anteil befallener Pflanzen signifikante Unterschiede zwischen „konventionell“ und Mulchsaat in allen Blattlaus-Befallsphasen, auch in der „Reduktions-Phase“. Im „Stroh“ traten sogar in der „Besiedlungs“- und in der „Reduktions-Phase“ sowie im Mittel aller Termine höchst signifikant weniger Blattläuse auf als bei „konventioneller“ Bodenbearbeitung (Tab. 4.20 u. 4.21).





**Abb. 4.15:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998; Ackerbohne: Phänologie der lebenden Blattläuse im gesamten Fangzeitraum (5.5.-17.8.98) in den 3 Varianten, Zahl Blattläuse pro Pflanze (Säule), Anteil befallener Pflanzen in % (Linie); mit Darstellung des Entwicklungsstadiums der Bohnenpflanzen

Betrachtet man nur die **lebenden** Blattläuse, so unterschieden sich die Ergebnisse von der Gesamtzahl aller Blattläuse erst ab dem 26.6., dem Zeitpunkt des höchsten Befalls mit lebenden Blattläusen (Abb. 4.14 u. 4.15). Denn erst in der späten „Etablierungs-Phase“ (26.6.) und „Reduktions-Phase“ (3.7.-28.7.) traten **tote** Blattläuse (tote + parasitierte + verpilzte) in nennenswerter Zahl auf (Abb. 4.16). Dies kam vor allem in der „konventionellen“ Variante zum Tragen. Während in den beiden Mulchsaatvarianten Ende Juni kaum tote Blattläuse auftraten (im Mittel im „Senf“ 5 tote Läuse / Pfl., im „Stroh“ 0,06 tote Läuse / Pfl.), traten in der „konventionellen“ Bodenbearbeitungsvariante Ende Juni und auch noch einmal Mitte bis Ende Juli deutlich die meisten toten Blattläuse auf, mit einer mittleren Zahl von 48 toten Blattläusen pro Pflanze am 26.6., das entspricht 39 % der Gesamtzahl (Blattläuse lebend + tot + parasitiert + verpilzt) an diesem Datum. Auch im „Senf“ und in sehr abgeschwächter Form im „Stroh“ waren Ende Juli tote Blattläuse anzutreffen (Abb. 4.16).

**Tab. 4.22:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998; Ackerbohne: Erhöhung Erh. (+) / Reduktion Red. (-) des Befalls mit lebenden Blattläusen in "Senf" oder "Stroh" gegenüber "konv" um x %; mittlere Anzahl Blattläuse pro Pflanze

Termin	Erh./Red. in % <b>Senf</b>	Erh./Red. in % <b>Stroh</b>	
05.05.1998	keine Läuse	keine Läuse	<b>Besiedlungs-Phase</b>
11.05.1998	keine Läuse	keine Läuse	
13.05.1998	+ 125,9	- 77,8	
15.05.1998	- 35,7	- 73,8	
19.05.1998	- 40,8	- 84,6	
27.05.1998	- 19,9	- 63,7	
05.06.1998	+ 189,0	- 65,9	
11.06.1998	- 35,0	- 43,7	<b>Etablierungs-Phase</b>
26.06.1998	+ 67,9	- 65,8	
03.07.1998	- 19,1	- 50,8	<b>Reduktions-Phase</b>
09.07.1998	- 11,1	+ 218,5	
16.07.1998	+ 800,0	+ 3300,0	
22.07.1998	+ 300,0	+ 100,0	
28.07.1998	- 60,0	- 100,0	
17.08.1998	keine Läuse	keine Läuse	

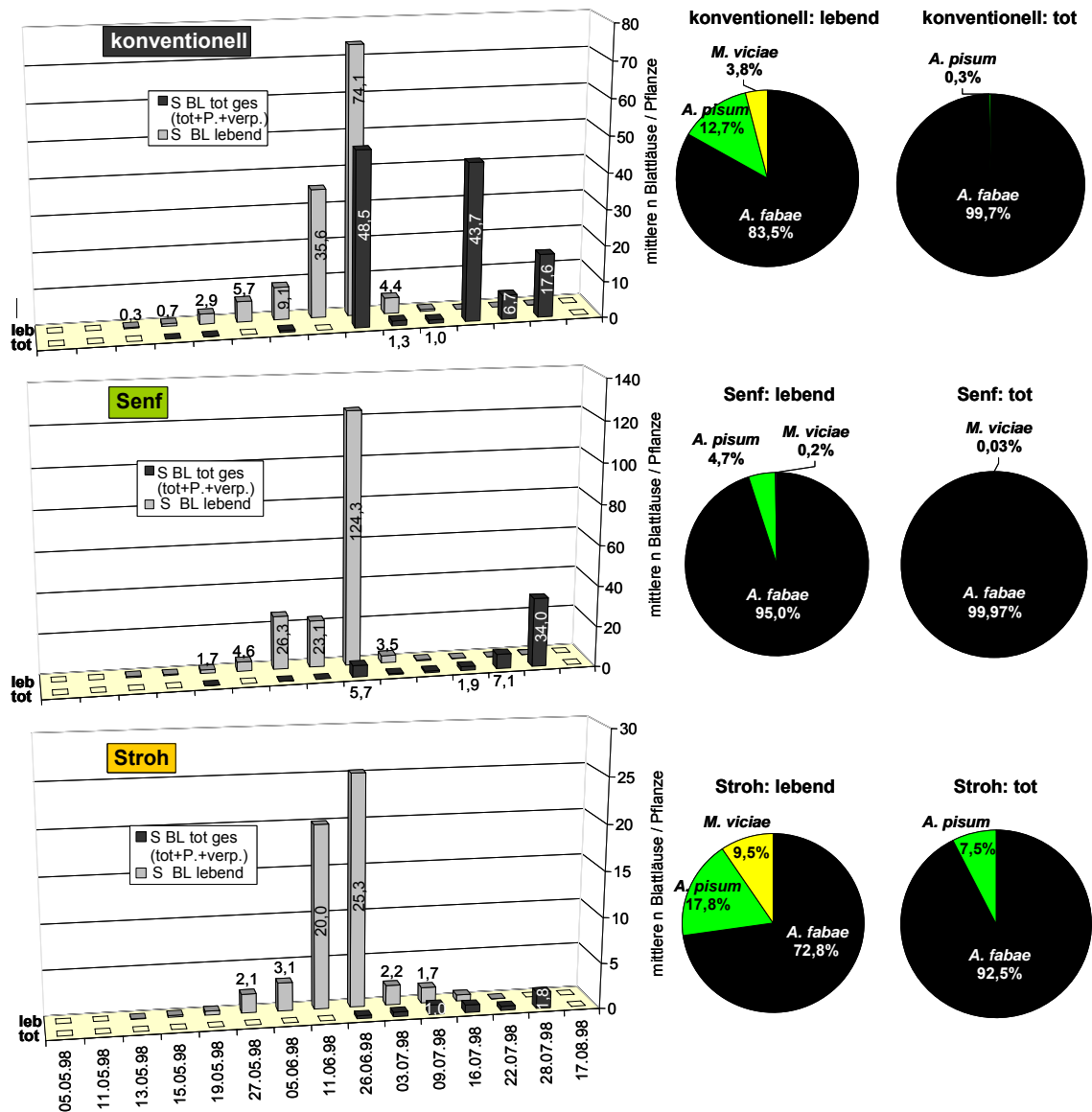
Diesen Beobachtungen entsprechend ergab sich bei ausschließlicher Betrachtung der lebenden Läuse in den gemulchten Parzellen eine Reduzierung der Befallszahlen im Vergleich zur „konventionellen“ Bearbeitungsvariante auch nur noch in der „Besiedlungs“- (im „Stroh“ höchst signifikant,  $p < 0,0001$ ) und frühen „Etablierungs-Phase“ (Tab. 4.22). In fortschreitendem Jahresverlauf, insbesondere innerhalb der „Reduktions-Phase“, war die Zahl der lebenden Blattläuse pro Pflanze in „Stroh“ und „Senf“ sogar gegenüber „konv“ erhöht, weil der relative Anteil toter Tiere bei „konventioneller“ Bodenbearbeitung sehr viel höher war als in den beiden Mulchsaatvarianten.

**Tab. 4.23:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998; Ackerbohne: Erhöhung Erh. (+) / Reduktion Red. (-) des Anteils blattlausbefallener Pflanzen (lebende Läuse) in "Senf" oder "Stroh" gegenüber "konv" um x %

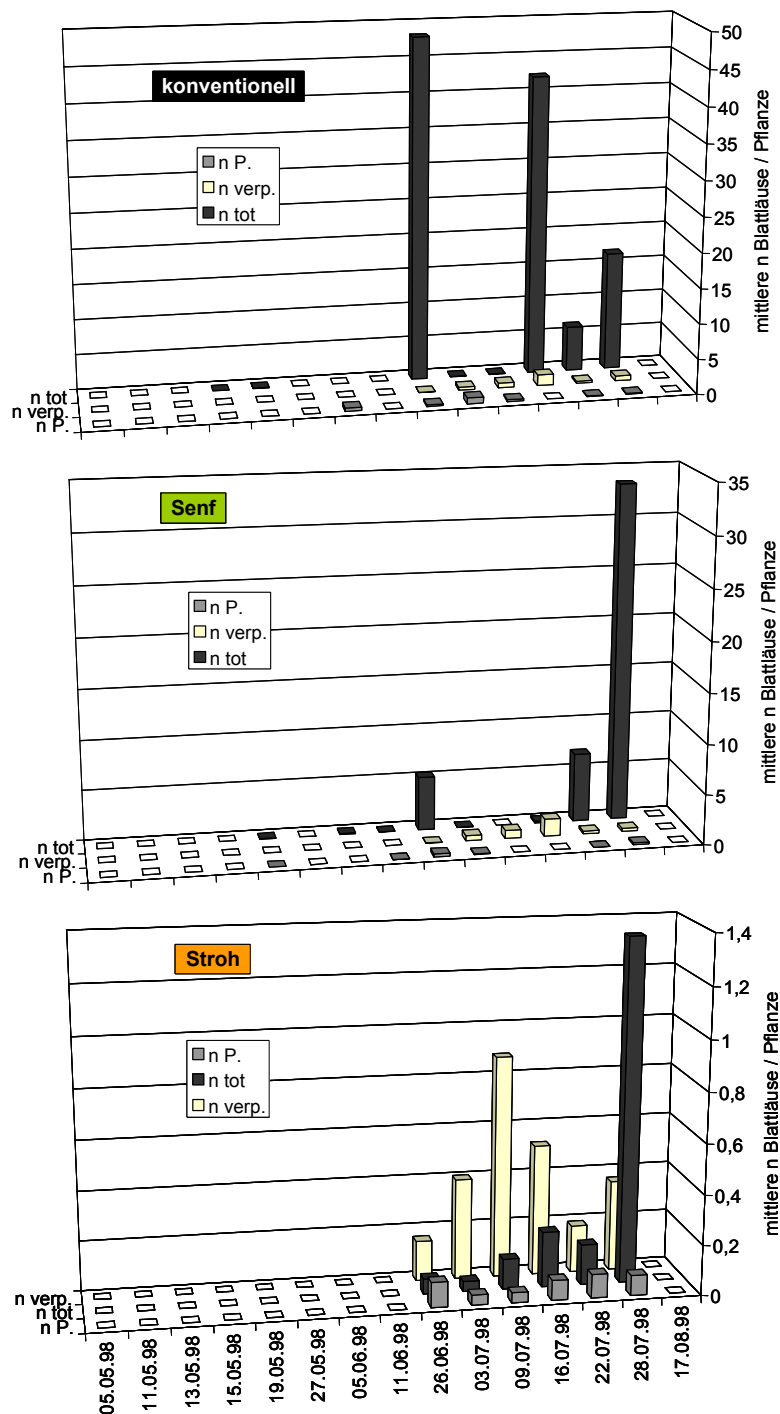
Termin	Erh./Red. in % <b>Senf</b>	Erh./Red. in % <b>Stroh</b>	
05.05.1998	kein Befall	kein Befall	<b>Besiedlungs-Phase</b>
11.05.1998	kein Befall	kein Befall	
13.05.1998	+ 50,0	- 60,0	
15.05.1998	- 14,9	- 78,4	
19.05.1998	- 28,1	- 67,4	
27.05.1998	- 11,3	- 45,4	
05.06.1998	+ 75,0	- 50,0	
11.06.1998	- 19,6	- 41,8	<b>Etablierungs-Phase</b>
26.06.1998	+ 6,0	+ 40,3	
03.07.1998	- 32,7	- 14,3	<b>Reduktions-Phase</b>
09.07.1998	- 68,8	- 25,0	
16.07.1998	+ 100,0	+ 400,0	
22.07.1998	+ 300,0	+ 100,0	
28.07.1998	gleich	- 100,0	
17.08.1998	kein Befall	kein Befall	

Bei Betrachtung des Anteils von blattlausbefallenen Pflanzen trat in der „**Strohmulch**“-Variante ebenfalls nur noch in der „Besiedlungs-Phase“ höchst signifikant ( $p < 0,0001$ ) weniger Blattlausbefall mit lebenden Tieren als in der „konventionell“ bearbeiteten Fläche auf (Tab. 4.23), im Vergleich zu einem höchst signifikanten ( $p = 0,0001$ ) Unterschied auch in der „Reduktions-Phase“ bei Betrachtung der Gesamtzahl der Blattläuse (Tab. 4.19). In der „**Senf**“-Variante waren allerdings in der „Besiedlungs“- und „Reduktions-Phase“ signifikant ( $p < 0,05$ ) weniger mit lebenden Blattläusen befallene Pflanzen zu finden als in der „konventionellen“ Variante, im Vergleich zu keinen signifikanten Unterschieden (tendenziell signifikant,  $p = 0,0512$ , in „Besiedlungs-Phase“) bei Betrachtung der Gesamtzahl der Blattläuse.

Im gesamten „Kernfangzeitraum“ (13.5.-28.7.) fanden sich in den beiden Mulchsaatvarianten deutlich weniger tote Blattläuse als in der „konventionellen“ Bodenbearbeitungsvariante [„konventionell“: 11 lebende und 10 tote ges.\* (\*tote ges. = tote gesamt = tot + parasitiert + verpilzt) Blattläuse pro Pflanze (BL/Pfl.); „Senf“: 15 lebende und 4 tote ges. BL/Pfl. und „Stroh“: 5 lebende und 0,4 tote ges. BL/Pfl.]. Deutlicher noch als bei den lebenden Tieren stellte *Aphis fabae* den fast ausschließlichen Anteil der toten Blattläuse (Abb. 4.16 rechts). In „konventioneller“ und „Senf“-Variante waren es annähernd 100 %, im „Stroh“ dagegen nur 93 %. Die restlichen 7 % der toten Blattläuse in der „Strohmulch“-Variante stellte *Acyrtosiphon pisum*. In „konventioneller“ Bodenbearbeitung machte *A. pisum* immerhin 0,3 % aller toten Blattläuse aus, in der Variante mit Zwischenfrucht „Senf“ stellte *Megoura viciae* den verschwindend geringen Anteil von 0,03 %, und *A. pisum* war hier bei den toten Läusen überhaupt nicht vertreten.



**Abb. 4.16:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998; Ackerbohne: Phänologie der Blattläuse lebend – tot gesamt (tot + parasitiert + verp.) im gesamten Fangzeitraum (5.5.-17.8.98) (links) mit Verteilung der lebenden und toten Läuse auf die 3 Hauptarten in den 3 Varianten (rechts)



**Abb. 4.17:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998; Ackerbohne: Phänologie der Blattläuse tot - parasitiert - verpilzt (Aufteilung der Blattläuse gesamt) im gesamten Fangzeitraum (5.5.-17.8.98); man beachte die unterschiedliche Skalierung in den 3 Varianten

Tote, pasitierte und verpilzte Läuse traten in der „Stroh“-Variante erst strikt ab dem 26.6. auf, während in den „Senf“-Parzellen schon am 19.5. tote und parasitierte Blattläuse und auf den „konventionell“ bearbeiteten Flächen sogar schon am 15.5. die ersten toten Läuse zu finden waren. Die ersten Parasitierten fanden sich in „konv“ am 5.6. Verpilzte Tiere

traten in allen 3 Varianten zum selben Termin, am 26.6., zum ersten Mal in Erscheinung (Abb. 4.17).

**Tab. 4.23:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998: Ackerbohne; Unterteilung der Blattläuse in lebend, tot, parasitiert und verpilzt sowie tot gesamt (tot + parasitiert + verpilzt), mittlere Anzahl Blattläuse / Pflanze, sowie Aufteilung von Blattläuse gesamt und tot gesamt in % in den 3 Varianten, im Kernfangzeitraum 13.5.-28.7.98; Mittelwert der mittleren Anzahl Blattläuse / Pflanze an den jeweiligen (12) Boniturterminen im gesamten Kernfangzeitraum

Blattläuse	n Blattläuse / Pflanze			Anteil an Blattläuse gesamt in %			Anteil an tot gesamt in %		
	konv	Senf	Stroh	konv	Senf	Stroh	konv	Senf	Stroh
gesamt	21	19,7	5,1						
lebend	11,1	15,5	4,7	52,9	78,7	92,2			
tot gesamt	9,9	4,2	0,4	47,1	21,3	7,8			
tot	9,5	3,8	0,2	45,2	19,3	3,9	96,0	90,5	50,0
parasitiert	0,2	0,05	0,04	1,0	0,3	0,8	2,0	1,2	10,0
verpilzt	0,3	0,3	0,2	1,4	1,5	3,9	3,0	7,1	50,0

In der „Strohmulch“-Variante waren anteilig an allen toten (tot + parasitiert + verpilzt) Blattläusen mit 50 % deutlich die meisten verpilzten Tiere zu finden, im Vergleich zu lediglich 7 % im „Senf“ und 3 % in „konventioneller“ Bodenbearbeitung (Tab. 4.23). In „konv“ und „Senf“ stellten die toten Tiere (ohne erkennbare Todesursache) mit einem Anteil von 96 % den überwiegenden Teil der Gesamtzahl toter Blattläuse (tot + parasitiert + verpilzt). Parasitierte Blattläuse waren in allen 3 Varianten am geringsten vertreten. Sie nahmen allerdings in den „Strohmulch“-Parzellen mit 10 % gegenüber 2 % („konv“) und 1 % („Senf“) noch einen relativ großen Anteil an der Gesamtzahl toter Läuse ein. Bezogen auf die Gesamtzahl Blattläuse pro Pflanze waren die Parasitierungsraten in „konv“ und „Stroh“ mit etwa 1 % vergleichbar.

Die absoluten Zahlen aller Blattläuse, sowohl der lebenden als auch der toten gesamt, waren in der „Strohmulch“-Variante aber mit Abstand am geringsten: Im „Senf“ traten im Mittel mehr als 3-mal so viele lebende Blattläuse pro Pflanze, in „konv“ 2,5-mal so viele lebende Läuse pro Pflanze auf wie im „Stroh“. Die Zahl der toten Blattläuse gesamt war vor allem in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung um ein Vielfaches höher als in den „Strohmulch“-Parzellen. Tote + Parasitierte + Verpilzte waren in „konventionell“ bewirtschafteten Parzellen 25-mal häufiger anzutreffen als in der „Stroh“-Variante, im „Senf“ waren immerhin noch 10,5-mal mehr Tote gesamt pro Pflanze zu verzeichnen als im „Stroh“ (Tab. 4.23 links).

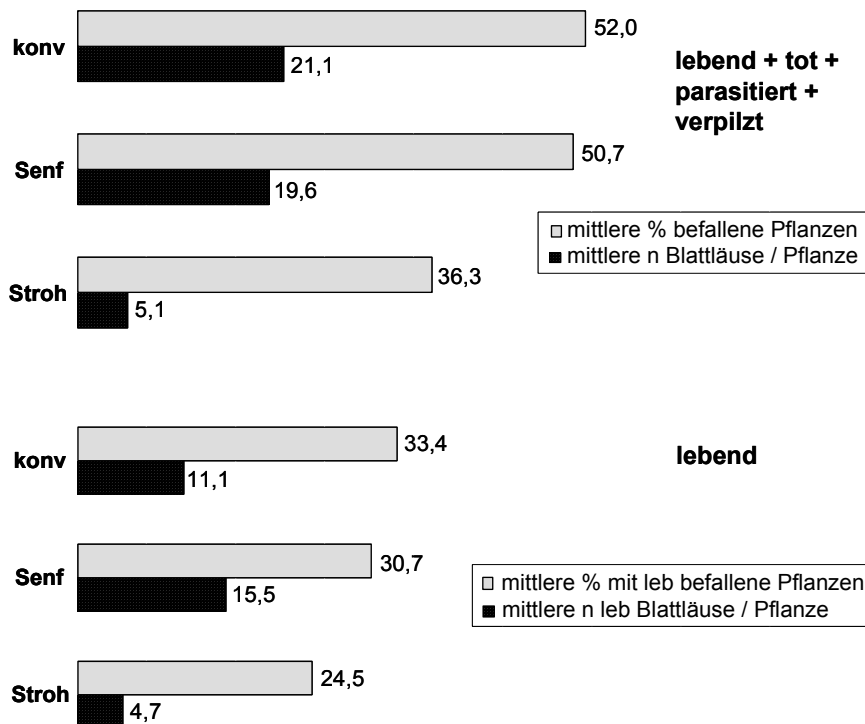
Aufgrund der verschiedenen Boniturdaten-Mächtigkeit an den einzelnen Boniturterminen (am Anfang des Jahres wurden viele Pflanzen bonitiert, weil nur wenige Blattläuse zu finden waren, später, mit zunehmender Vermehrung der Läuse, weniger

Pflanzen; erst 100 Pflanzen pro Parzelle, dann 50, dann 25), wurde zu jedem Datum ein Varianten-Mittelwert der Anzahl Blattläuse pro Pflanze berechnet, um die frühen Termine im Vergleich zu späteren nicht übermäßig zu gewichten. Aus diesen Tagesmittelwerten wurde dann der in Tab. 4.23 dargestellte Mittelwert des gesamten Kernfangzeitraumes (12 Termine) berechnet. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, eine Standardabweichung für die Mittelwerte, die sich für den gesamten Kernfangzeitraum ergeben, zu berechnen, sondern lediglich für die einzelnen Boniturtermine. Signifikante Unterschiede in der Anzahl parasitierter Blattläuse zwischen den Varianten gab es lediglich an 3 Terminen: 3.7. in „konv“ höchst signifikant ( $p < 0,0001$ ) mehr Parasitierte als in „Stroh“ und „Senf“, 9.7. in „konv“ höchst signifikant ( $p < 0,001$ ) mehr Parasitierte als in „Senf“ und hoch signifikant ( $p < 0,01$ ) mehr als in „Stroh“; am 16.7. wurden in der „Strohmulch“-Variante die meisten parasitierten Blattläuse gefunden: signifikant ( $p < 0,05$ ) mehr als in „konv“ und „Senf“.

Bei den verpilzten Läusen verhielt es sich zeitlich umgekehrt: Zunächst traten Anfang Juli im „Stroh“ die meisten Verpilzten auf, später in „konv“ und „Senf“. Am 3.7. wurden in der „Strohmulch“-Variante hoch signifikant ( $p < 0,01$ ) mehr verpilzte Tiere gefunden als in „konv“ und „Senf“. Am 16.7. waren es im „Stroh“ hoch signifikant ( $p < 0,01$ ) weniger Verpilzte als in „konv“ und höchst signifikant ( $p < 0,001$ ) weniger als im „Senf“.

### Gesamtzahlen Blattläuse 1998

Betrachtet man zusammenfassend noch einmal die Varianten vergleichend über die Mittelwerte aller Termine und Parzellen im Ackerbohnenbestand, so zeigte sich 1998 folgendes Ergebnis bei den Sichtbonituren (Abb. 4.18):



**Abb. 4.18:** Blattlaus-Sichtbonitur 1998: Gesamtzahl Blattläuse (lebend + tot + parasitiert + verpilzt) pro Pflanze (oben) und Anzahl lebender Blattläuse pro Pflanze (unten) - % befallene Pflanzen; Gesamtmittelwert aller Boniturtermine im "Kernfangzeitraum" (13.5.-28.7.98) in den 3 Varianten der Ackerbohne

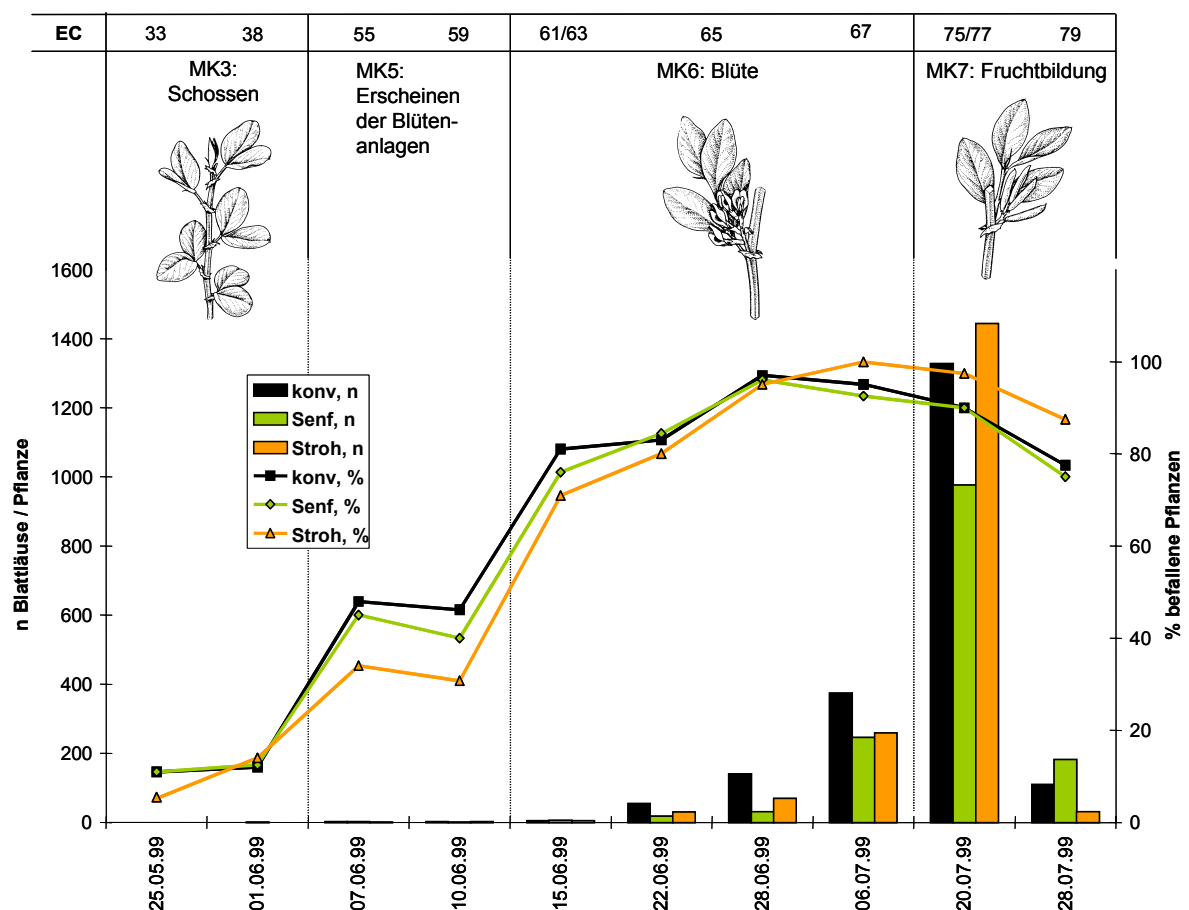
Im "Stroh" war der Anteil der mit Blattläusen befallenen Pflanzen (36,3 %) und auch die Anzahl der Läuse pro Pflanze (5,1) am geringsten. In der "konventionellen" Variante lagen beide Werte am höchsten: Der Anteil der befallenen Pflanzen betrug hier 52 %, bei durchschnittlich 21 Läusen pro Pflanze. "Senf" kam mit 50,7 % befallener Pflanzen und durchschnittlich 19,6 Läusen pro Pflanze nahe an die Werte der „konventionellen“ Bodenbearbeitung heran. Die genannten Unterschiede zwischen den Varianten waren allerdings nur an einzelnen Terminen nach dem Mann-Whitney-U-Test und Fisher's PLSD (Signifikanzniveau 5 %) signifikant (Tab. 4.17 u. 4.20). An wenigen Terminen zum Ende der Vegetationsperiode wies auch die „konventionelle“ Variante geringeren Blattlausbefall auf (Abb. 4.14 u. 4.15). Der „Strohmulch“-Variante kam also im Vergleich zur „konventionellen“ Bearbeitung, aber auch zur Zwischenfrucht-Variante, eine deutlich Blattlaus-reduzierende Wirkung zu. Dies galt sowohl bei Betrachtung der Gesamtzahl aller Blattläuse (lebend, tot, parasitiert, verpilzt; Abb. 4.18 oben) als auch bei ausschließlicher Betrachtung der lebenden Tiere (Abb. 4.18 unten). Im „Senf“ traten zwar auch weniger Blattläuse auf als in der „konventionellen“ Variante, aber die Unterschiede waren nicht so



deutlich wie zwischen „Stroh“ und „konv“. Bei ausschließlicher Betrachtung der lebenden Blattläuse war die Anzahl der Läuse / Pflanze im „Senf“ gegenüber „konventioneller“ Bodenbearbeitung leicht erhöht, der Anteil befallener Pflanzen jedoch, wie bei der Gesamtzahl Blattläuse, niedriger. Die Blattlaus-reduzierende Wirkung der beiden Mulchsaatvarianten, vor allem der „Strohmulch“, zeigte sich sowohl im prozentualen Anteil befallener Pflanzen als auch in der Anzahl der Blattläuse pro Pflanze.

#### 4.1.3.5 Blattlaus-Sichtbonituren 1999

1999 wurden, anders als im Vorjahr, sowohl am ersten (25.5.) als auch am letzten (28.7.) Boniturtermin Blattläuse gefunden. Anhand der Sichtbonituren kann also keine Aussage darüber getroffen werden, wann die Besiedlung der Fläche in diesem Versuchsjahr genau begann und endete. Allerdings entsprach die gefundene Anzahl am 25.5. ziemlich genau den Zahlen des ersten Blattlausauftretens im Jahr 1998 am 13.5.98. Der Höhepunkt der Blattlausentwicklung war im Versuchsjahr 1999 Ende Juli und damit einen Monat später als 1998 (Abb. 4.19, vgl. Abb. 4.14).



**Abb. 4.19:** Blattlaus-Sichtbonitur 1999, Ackerbohne: Phänologie der Gesamtzahl Blattläuse (lebend + tot + parasitiert + verpilzt) im gesamten Fangzeitraum (25.5.-28.7.99) in den 3 Varianten, mit Darstellung des Entwicklungsstadiums der Bohnenpflanzen

Die Ackerbohnen-Pflanzen befanden sich zu diesem Zeitpunkt in der Phase der Fruchtbildung (EC 75-77). Am 20.7.99 war die Vermehrung der Läuse derart massiv, dass auch in der „Strohmulch“ mit 1443 Tieren pro Pflanze eine sogar noch höhere mittlere Anzahl erreicht wurde als in der „konventionellen“ Variante mit 1328 Läusen pro Pflanze. Im „Senf“ wurde mit 977 Tieren eine geringere mittlere Anzahl Blattläuse pro Pflanze als in den anderen beiden Varianten gezählt. Bis auf diesen Höhepunkt der Blattlausentwicklung am 20.7. und den letzten Termin innerhalb der „Besiedlungs-Phase“ war die Anzahl Blattläuse / Pflanze im „Stroh“ immer gegenüber der Zahl in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung beträchtlich (ungefähr um die Hälfte) vermindert (Tab. 4.24).

**Tab. 4.24:** Blattlaus-Sichtbonitur 1999; Ackerbohne: Erhöhung Erh. (+) / Reduktion Red. (-) des Gesamt-Blattlausbefalls (Blattläuse lebend + tot + parasitiert + verpilzt) in "Senf" oder "Stroh" gegenüber "konv" um x %; mittlere Anzahl Blattläuse pro Pflanze

Termin	Erh./Red. in % <b>Senf</b>	Erh./Red. in % <b>Stroh</b>	
25.05.1999	+ 33,9	- 53,6	<b>Besiedlungs-Phase</b>
01.06.1999	+ 198,5	- 41,5	
07.06.1999	- 18,3	- 65,6	
10.06.1999	- 18,1	+ 13,8	
15.06.1999	+ 16,1	- 9,8	<b>Etablierungs-Phase</b>
22.06.1999	- 67,6	- 45,2	
28.06.1999	- 77,5	- 50,1	
06.07.1999	- 34,3	- 30,6	
20.07.1999	- 26,4	+ 8,6	
28.07.1999	+ 65,4	- 71,6	<b>Reduktions-Phase</b>

Bei den **Blattlauszahlen pro Pflanze** (Blattläuse lebend + tot + parasitiert + verpilzt) zeigte die „**Strohmulchschicht**“ 1999 in allen drei Besiedlungsphasen, an fast allen Terminen, ihre blattlausreduzierende Wirkung. Vor allem in der „Besiedlungs-Phase“, und hier auch gleich zu Beginn des Blattlauszufluges auf die Fläche, waren die Blattlauszahlen in der „Strohmulch“-Variante deutlich (von 42 bis 66 %) gegenüber der „konventionellen“ Bodenbearbeitung vermindert (Tab. 4.24). Die Zwischenfrucht „**Senf**“ zeigte dagegen erst in der fortgeschrittenen „Besiedlungs-Phase“ eine Blattlaus reduzierende Wirkung, und hier auch nur in wesentlich geringerem Maße (um 18 %) als die „Strohschicht“. Erst an späteren Terminen innerhalb der „Etablierungs-Phase“ waren die Befallszahlen im „Senf“ deutlich (um bis zu 78 %) gegenüber der „konventionellen“ Variante reduziert, während im „Stroh“ die Zahlen nur um maximal 50 % niedriger als in „konv“ waren. Die Wirkung der „Strohschicht“ hielt 1999, wie auch im Vorjahr, bis in die „Reduktions-Phase“ der Blattlausbesiedlung an, während die Zwischenfrucht Ende Juli höheren Blattlausbefall als die „konventionelle“ Variante aufwies. Auch 1998 waren in diesem Zeitraum (22.-28.7.) im „Senf“ mehr, im „Stroh“ weniger Blattläuse anzutreffen als in der „konventionellen“ Variante.

Bei zusammenfassender Betrachtung der Phasen im Vergleich der Untersuchungsjahre muss man allerdings bedenken, dass 1998 wegen abrupten Einbruchs der Blattlauszahlen die „Reduktions-Phase“ der Blattlausbesiedlung schon 3 Wochen früher (am 3.7.) als 1999 einsetzte und in beiden Jahren 1998 und 1999 von Anfang bis Mitte Juli der Blattlausbefall in beiden Mulchsaatvarianten niedriger als in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung war.

**Tab. 4.25:** Blattlaus-Sichtbonitur 1999; Ackerbohne: Vergleich des Gesamt-Blattlausbefalls (Blattläuse lebend + tot + parasitiert + verpilzt) zwischen den 3 Varianten; mittlere Anzahl Blattläuse pro Pflanze; Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %, nach Terminen getrennt

Termin	konv, Senf		konv, Stroh		Senf, Stroh		
	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	
25.05.1999	-0,095	0,5978	0,150	0,4049	0,245	0,1739	<b>Besiedlungs-Phase</b>
01.06.1999	-0,645	0,1850	0,135	0,7813	0,780	0,1090	
07.06.1999	0,410	0,5820	1,470	0,0491 *	1,060	0,1553	
10.06.1999	0,323	0,7123	-0,246	0,7787	-0,569	0,5160	
15.06.1999	-0,870	0,6460	0,530	0,7796	1,400	0,4599	<b>Etablierungs-Phase</b>
22.06.1999	37,123	0,0793	24,820	0,2274	-12,303	0,5599	
28.06.1999	109,260	0,0067 *	70,550	0,0788	-38,710	0,3339	
06.07.1999	127,825	0,2897	114,200	0,3440	-13,625	0,9099	
20.07.1999	351,275	0,3879	-114,775	0,7775	-466,050	0,2525	
28.07.1999	-71,850	0,3955	78,725	0,3520	150,575	0,0765	<b>Reduktions-Phase</b>
<b>Mittel aller Termine</b>	30,757	0,1485	13,101	0,5372	-17,657	0,4068	

**Tab. 4.26:** Blattlaus-Sichtbonitur 1999; Ackerbohne: Vergleich des Gesamt-Blattlausbefalls (Blattläuse lebend + tot + parasitiert + verpilzt) zwischen den 3 Varianten; mittlere Anzahl Blattläuse pro Pflanze; Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %, nach Blattlaus-Befallsphasen getrennt; Besiedlung: 25.5.-10.6., Etablierung: 15.6.-20.7., Reduktion: 28.7.

Phase	konv, Senf		konv, Stroh		Senf, Stroh	
	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert
Besiedlung	-0,152	0,5420	0,333	0,1826	0,485	0,0521
Etablierung	85,331	0,1123	25,176	0,6370	-60,155	0,2628
Reduktion	-71,850	0,3955	78,725	0,3520	150,575	0,0765

Die beobachtete Reduzierung der Blattlauszahlen in den Mulchvarianten gegenüber „konventioneller“ Bodenbearbeitung war 1999 lediglich an zwei Terminen auch signifikant (Tab. 4.25), in der Betrachtung des Gesamtmittelwertes der 3 Befallsphasen nicht mehr (Tab. 4.26). In der „Strohmulch“-Variante war die höchste Reduzierung der Blattlauszahl pro Pflanze innerhalb der „Besiedlungs-Phase“ von 66 % Anfang Juni signifikant. In der Variante mit Zwischenfrucht „Senf“ war an dem Termin mit der höchsten Reduzierung innerhalb der „Etablierungs-Phase“ der Blattläuse von 78 % der Unterschied zur „konventionellen“ Bodenbearbeitung signifikant (Tab. 4.25).

**Tab. 4.27:** Blattlaus-Sichtbonitur 1999; Ackerbohne: Erhöhung (+) / Reduktion (-) des Anteils blattlausbefallener Pflanzen (Blattläuse lebend + tot + parasitiert + verpilzt) in "Senf" oder "Stroh" gegenüber "konv" um x %

Termin	Erh./Red. in % <b>Senf</b>	Erh./Red. in % <b>Stroh</b>	
25.05.1999	+/- 0	- 50,0	<b>Besiedlungs-Phase</b>
01.06.1999	+ 4,2	+ 16,7	
07.06.1999	- 6,3	- 29,2	
10.06.1999	- 13,3	- 33,3	
15.06.1999	- 6,2	- 12,3	<b>Etablierungs-Phase</b>
22.06.1999	+ 1,7	- 3,6	
28.06.1999	- 1,0	- 2,1	
06.07.1999	- 2,6	+ 5,3	
20.07.1999	+/- 0	+ 8,3	
28.07.1999	- 3,2	+ 12,9	<b>Reduktions-Phase</b>

Betrachtet man nicht die Anzahl der Blattläuse pro Pflanze, sondern den **Prozentsatz befallener Pflanzen** (mit Blattläusen lebend + tot + parasitiert + verpilzt), so lag der Höhepunkt der Blattlausentwicklung schon 3 Wochen vorher, in der Blütephase der Ackerbohnen-Pflanzen (EC 65), genau wie auch im Versuchsjahr 1998. Bis zu diesem Peak Ende Juni wurde im „Stroh“ immer die geringste Anzahl befallener Pflanzen, in der Zwischenfruchtvariante „Senf“ zwar eine höhere Zahl als im „Stroh“, aber immer noch eine geringere als in der „konventionellen“ Bodenbearbeitungsvariante ermittelt, die die höchsten Befallszahlen aufwies (Abb. 4.19). Ab dem 28.6.99 ging die Anzahl der befallenen Pflanzen in „Senf“- und „konventioneller“ Variante stetig zurück. Die Zahlen im „Senf“ blieben dabei stets unterhalb derjenigen in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung. In der „Strohmulchvariante“ stieg die Anzahl mit Blattläusen befallener Pflanzen dagegen noch an, um dann eine Woche später als die anderen beiden Varianten dem gleichen Trend, allerdings mit Zahlen oberhalb von „Senf“ und „konventioneller“ Bearbeitung, zu folgen. Bei der Betrachtung des Anteils blattlausbefallener Pflanzen in den 3 Varianten ergaben sich Unterschiede zur Gesamt-Blattlauszahl pro Pflanze (Tab. 4.24 u. 4.27): Die Reduzierung der blattlausbefallenen Pflanzen (Tab. 4.27) fiel in beiden Mulchsaatvarianten, besonders im „Senf“, nicht so stark aus wie die Reduzierung der Blattlauszahlen (Tab. 4.24). Vor allen Dingen konnte man aber beim Prozentsatz befallener Pflanzen besser als bei den Gesamtzahlen die unterschiedliche Wirkungsweise der beiden Mulchsaatvarianten erkennen. Die „Strohmulchschicht“ entfaltete ihre blattlausmindernde Wirkung vor allem in der „Besiedlungs-Phase“ und dort besonders beim ersten Zuflug der Alaten auf die Fläche. Der Zuflug wurde am ersten Boniturtermin durch das „Stroh“ um die Hälfte vermindert, später bis maximal 33 %. Die reduzierende Wirkung auf den Befall von Ackerbohnen hielt bis in die Mitte der „Etablierungs-Phase“ an, wurde aber im Laufe der Zeit immer geringer. Die Wirkung der Zwischenfrucht setzte dagegen erst in der Mitte der „Besiedlungs-Phase“ ein, mit einer maximalen Reduzierung des Pflanzenbefalls um 13 %

gegenüber der „konventionellen“ Bodenbearbeitung, hielt dafür aber den gesamten Untersuchungszeitraum bis zur „Reduktions-Phase“ an.

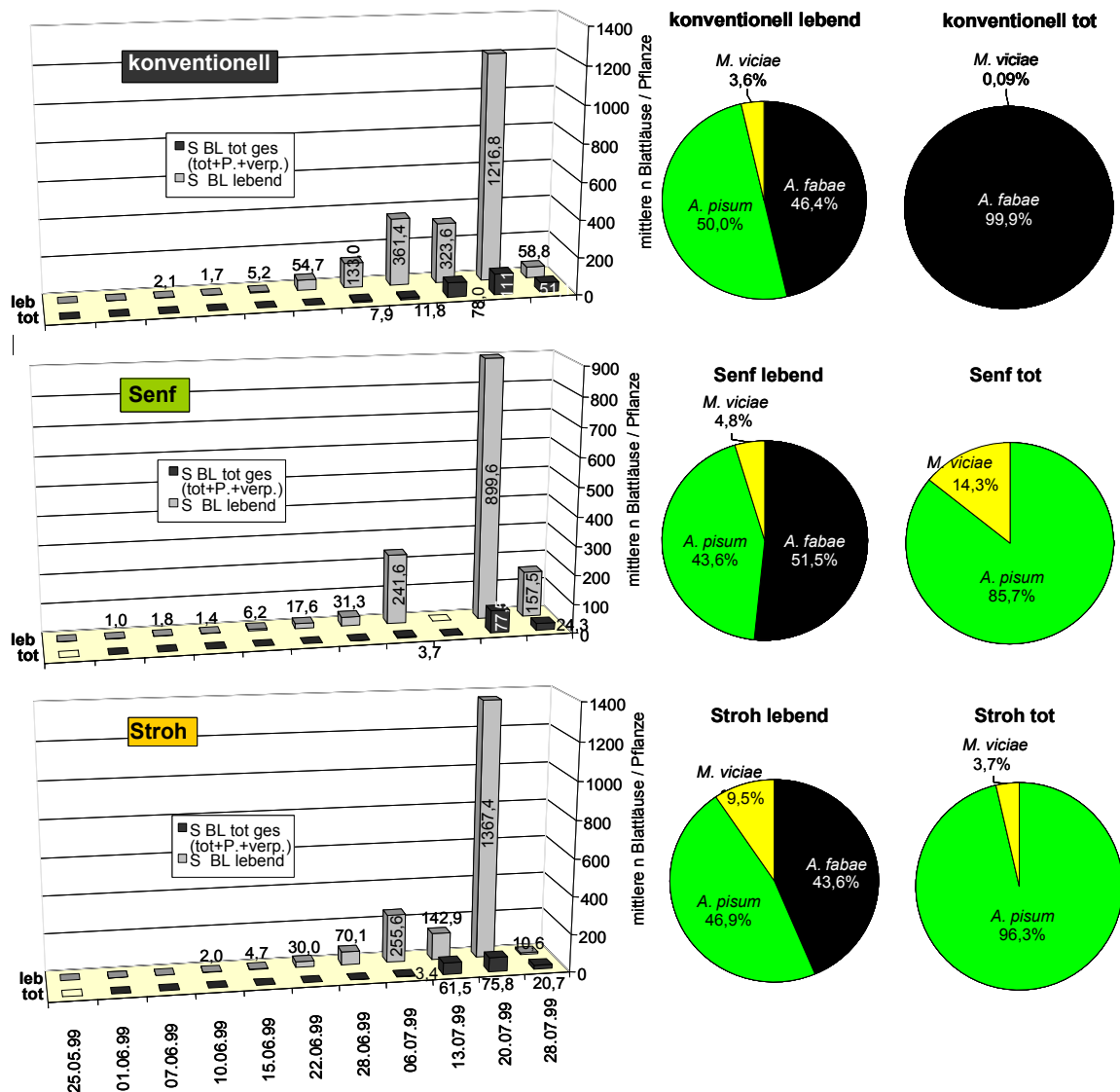
**Tab. 4.28:** Blattlaus-Sichtbonitur 1999; Ackerbohne: Vergleich des Anteils blattlausbefallener Pflanzen in % (Blattläuse lebend + tot + parasitiert + verpilzt) zwischen den 3 Varianten; Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %, nach Terminen getrennt

Termin	konv, Senf		konv, Stroh		Senf, Stroh		
	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	
25.05.1999	0,000	-	5,500	0,0567	5,500	0,0567	<b>Besiedlungs-Phase</b>
01.06.1999	-0,500	0,8815	-2,000	0,5510	-1,500	0,6547	
07.06.1999	3,000	0,6672	14,000	0,0455 *	11,000	0,1156	
10.06.1999	6,154	0,4725	15,385	0,0735	9,231	0,2816	
15.06.1999	5,000	0,4086	10,000	0,0990	5,000	0,4086	<b>Etablierungs-Phase</b>
22.06.1999	-1,444	0,7950	3,000	0,5793	4,444	0,4242	
28.06.1999	1,000	0,7196	2,000	0,4729	1,000	0,7196	
06.07.1999	2,500	0,5770	-5,000	0,2656	-7,500	0,0960	
20.07.1999	0,000	-	-7,500	0,2070	-7,500	0,2070	
28.07.1999	2,500	0,7811	-10,000	0,2675	-12,500	0,1663	<b>Reduktions-Phase</b>
<b>Mittel aller Termine</b>	1,644	0,4665	3,756	0,0953	2,113	0,3493	

**Tab. 4.29:** Blattlaus-Sichtbonitur 1999; Ackerbohne: Vergleich des Anteils blattlausbefallener Pflanzen in % (Blattläuse lebend + tot + parasitiert + verpilzt) zwischen den 3 Varianten; Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %, nach Blattlaus-Befallsphasen getrennt; Besiedlung: 25.5.-10.6., Etablierung: 15.6.-20.7., Reduktion: 28.7.

Phase	konv, Senf		konv, Stroh		Senf, Stroh	
	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert
Besiedlung	1,062	0,6538	5,487	0,0206 *	4,425	0,0618
Etablierung	1,401	0,5711	2,632	0,2843	1,230	0,6189
Reduktion	2,500	0,7811	-10,000	0,2675	-12,500	0,1663

Die beobachteten Unterschiede beim **Anteil blattlausbefallener Pflanzen** (Blattläuse lebend + tot + parasitiert + verpilzt) zwischen den Mulchsaatvarianten und der „konventionellen“ Bodenbearbeitung waren 1999, anders als im Vorjahr, in den wenigsten Fällen signifikant. Lediglich zwischen „Stroh“ und „konv“ wurden Signifikanzen gefunden. Ein signifikanter Unterschied trat nur an einem Boniturtermin innerhalb der „Besiedlungs-Phase“ zwischen den „Strohmulch“-Parzellen und der „konventionellen“ Variante auf (Tab. 4.28). Auch war die Reduzierung des Anteils befallener Pflanzen im „Stroh“ gegenüber den „konventionell“ behandelten Parzellen im Durchschnitt der gesamten „Besiedlungs-Phase“ (25.5.-10.6.) signifikant (Tab. 4.29).

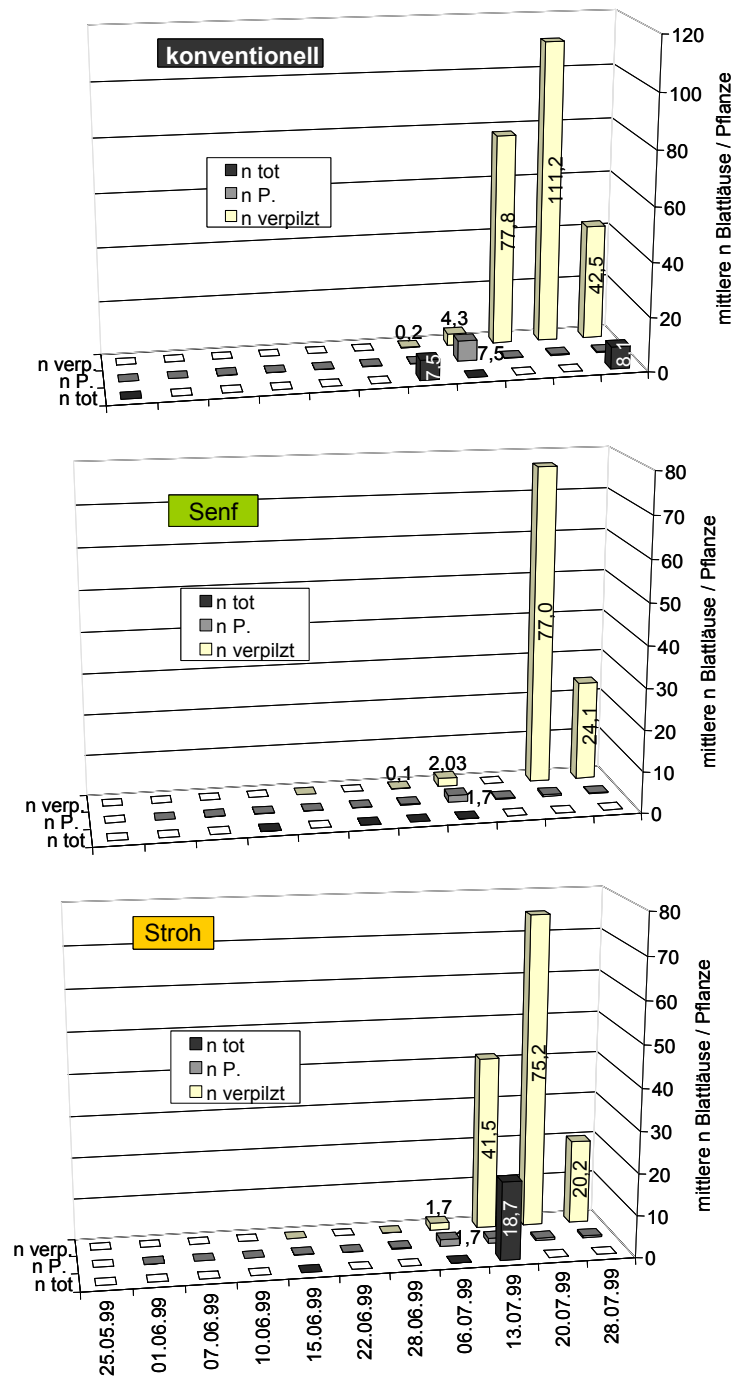


**Abb. 4.20:** Blattlaus-Sichtbonitur 1999; Ackerbohne: Phänologie der Blattläuse lebend – tot gesamt (tot + parasitiert + verp.) im gesamten Fangzeitraum (25.5.-28.7.99) (links) mit Verteilung der lebenden und toten Läuse auf die 3 Hauptarten in den 3 Varianten (rechts)

Wie auch im Vorjahr traten 1999 erst in der späten Etablierungsphase tote Blattläuse in nennenswerter Zahl auf; in den beiden Mulchsaatvarianten weniger als in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung (Abb. 4.20 links). Allerdings war der Unterschied zwischen „konventionell“ und „Mulch“ mit durchschnittlich 34 Blattläusen pro Pflanze weniger in den Mulchvarianten gegenüber „konv“ zum Zeitpunkt des höchsten Blattlausauftretens insgesamt (20.7.) nicht so deutlich wie 1998 (Abb. 4.16). Zum Zeitpunkt, an dem mit Abstand die meisten lebenden Blattläuse gezählt wurden, traten auch die meisten toten Tiere auf. Das Artenverhältnis verschob sich im Vergleich von lebenden zu toten Tieren, besonders in den beiden Mulchsaatvarianten. Während bei den lebenden Läusen das Verhältnis der beiden Hauptarten *Aphis fabae* und *Acyrtosiphon pisum* noch einigermaßen ausgeglichen war, gehörten die toten Tiere in der „konventionellen“ Bearbeitungsvariante beinahe ausschließlich (99,9 %) der Art *A. fabae*

an. 0,09 % stellte *Megoura viciae*. In den beiden Mulch-Varianten war diese Art bei den toten Tieren dagegen überhaupt nicht vertreten, sondern hier dominierte deutlich *A. pisum* über einen geringen Anteil *M. viciae*. Im „Senf“ waren insgesamt mehr tote *M. viciae* zu finden als lebende, im „Stroh“ war es umgekehrt (Abb. 4.20 rechts).

Bei der ausschließlichen Betrachtung **lebender Blattläuse** ergaben sich im Kurvenverlauf sowohl bei der Anzahl Blattläuse pro Pflanze als auch beim Anteil Blattlaus-befallener Pflanzen keine nennenswerten Abweichungen vom Befallsverlauf mit der Gesamtzahl Blattläuse (lebend + tot + parasitiert + verpilzt) (Abb. 4.19). Der Befall mit lebenden Läusen fand lediglich ein abrupteres Ende als bei Einbeziehung auch der toten, parasitierten und verpilzten Tiere. Daher wurde an dieser Stelle auf eine Wiedergabe verzichtet. Die Signifikanzwerte zeigten geringe Verschiebungen, z. B. war im Unterschied zur Gesamtzahl Blattläuse bei ausschließlicher Betrachtung der lebenden Läuse während der „Reduktions-Phase“ im „Senf“ ein signifikant geringerer Anteil befallener Pflanzen als in der „konventionellen“ und der „Strohmulch“-Variante zu verzeichnen.



**Abb. 4.21:** Blattlaus-Sichtbonitur 1999; Ackerbohne: Phänologie der Blattläuse tot - parasitiert - verpilzt (Aufteilung der Blattläuse tot gesamt) im gesamten Fangzeitraum (25.5.-28.7.99)

In „konventioneller“ Bodenbearbeitung wurden im Variantenvergleich die meisten lebenden, toten (tot gesamt = tot + parasitiert + verpilzt) sowie verpilzten und parasitierten Blattläuse pro Pflanze gefunden (Tab. 4.30). In der „Senf“-Variante wurden im Vergleich mit „konv“ und „Stroh“ die wenigsten lebenden und toten (tot gesamt = tot + parasitiert + verpilzt) Blattläuse pro Pflanze bonitiert. Obwohl im „Senf“ pro Pflanze die wenigsten verpilzten Tiere aller Varianten gezählt wurden, waren hier doch anteilig an allen toten (tot + parasitiert + verpilzt) Blattläusen mit 97 % die meisten verpilzten Tiere zu finden.



Die Werte in den beiden anderen Varianten lagen im Unterschied zu 1998, wo in der „Strohmulch“-Variante mit Abstand die meisten verpilzten Läuse auftraten, relativ nah beim „Senf“-Wert: In „konventioneller“ Bodenbearbeitung waren es 91 %, im „Stroh“ nahmen die Verpilzten mit 86 % den geringsten Anteil an allen toten Blattläusen ein.

**Tab. 4.30:** Blattlaus-Sichtbonitur 1999: Ackerbohne; Unterteilung der Blattläuse in lebend, tot, parasitiert und verpilzt sowie tot gesamt (tot + parasitiert + verpilzt), mittlere Anzahl Blattläuse / Pflanze, sowie Aufteilung von Blattläuse gesamt und tot gesamt in % in den 3 Varianten, im gesamten Fangzeitraum 25.5.-28.7.99; Mittelwert der mittleren Anzahl Blattläuse / Pflanze an den jeweiligen (11) Boniturterminen im gesamten Fangzeitraum

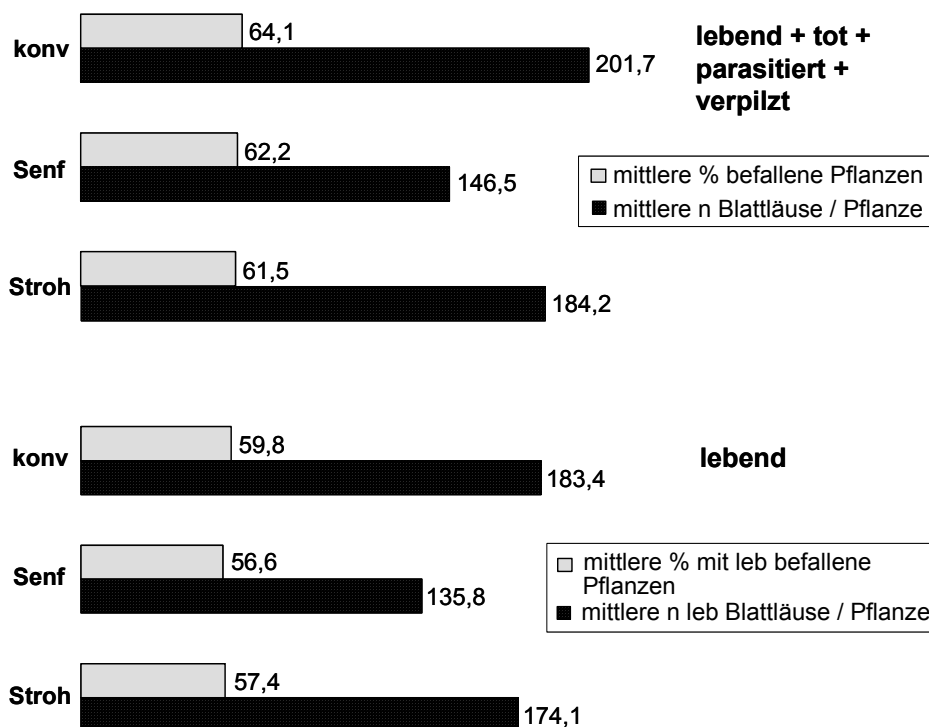
Blattläuse	n Blattläuse / Pflanze			Anteil an Blattläuse gesamt in %			Anteil an tot gesamt in %		
	konv	Senf	Stroh	konv	Senf	Stroh	konv	Senf	Stroh
gesamt	219,9	133,2	186,0						
lebend	196,2	123,5	171,3	89,2	92,7	92,1			
tot gesamt	23,7	9,7	14,7	10,8	7,3	7,9			
tot	1,4	0,01	1,7	0,6	0,008	0,9	6,0	0,1	11,6
parasitiert	0,8	0,3	0,4	0,4	0,2	0,2	3,4	3,1	2,7
verpilzt	21,5	9,4	12,6	9,8	7,1	6,8	90,7	96,9	85,7

Die Zahl der durch Schlupfwespen parasitierten Tiere (Zahl pro Pflanze und Anteil an Gesamtzahl Blattläuse = Parasitierungsrate und Anteil an tot gesamt) war in der „konventionellen“ Variante etwas höher als in den beiden Mulchsaatvarianten. In „Senf“ und „Stroh“ waren die Zahlen vergleichbar (Tab. 4.30). Tote Läuse ohne erkennbare Todesursache wurden im „Stroh“ am häufigsten, im „Senf“ mit Abstand am wenigsten gefunden. Aufgrund der verschiedenen Boniturdaten-Mächtigkeit an den einzelnen Boniturterminen (am Anfang des Jahres wurden viele Pflanzen bonitiert, weil nur wenige Blattläuse zu finden waren, später, mit zunehmender Vermehrung der Läuse, weniger Pflanzen; erst 100 Pflanzen pro Parzelle, dann 50, dann 25), wurde zu jedem Datum ein Varianten-Mittelwert der Anzahl Blattläuse pro Pflanze berechnet, um die frühen Termine im Vergleich zu späteren nicht übermäßig zu gewichten. Aus diesen Tagesmittelwerten wurde dann der in Tab. 4.30 dargestellte Mittelwert des gesamten Fangzeitraumes (11 Termine) berechnet. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, eine Standardabweichung für die Mittelwerte, die sich für den gesamten Fangzeitraum ergeben, zu berechnen, sondern lediglich für die einzelnen Boniturtermine. In der „konventionellen“ Variante waren zu Beginn des Sommers immer mehr parasitierte Blattläuse zu finden als im „Stroh“ und fast immer mehr als im „Senf“. Diese Beobachtung war aber nur an 2 Terminen signifikant: 7.6. „konv“ signifikant ( $p < 0,05$ ) mehr als im „Stroh“, 6.7. „konv“ höchst signifikant ( $p < 0,001$ ) mehr als in „Stroh“ und „Senf“. Später im Jahr nivellierten sich die Unterschiede.

Bei der Zahl der verpilzten Blattläuse verhielt es sich ähnlich wie bei den parasitierten: In „konventioneller“ Bodenbearbeitung traten mehr Verpilzte auf als in den Mulchvarianten „Stroh“ und „Senf“. Die Unterschiede waren aber nur an 3 Terminen signifikant: 28.6. „konv“ signifikant ( $p < 0,05$ ) mehr Verpilzte als im „Stroh“, 6.7. wie 28.6., 28.7. „konv“ hoch signifikant ( $p < 0,01$ ) mehr als im „Stroh“ und signifikant ( $p < 0,05$ ) mehr als im „Senf“. Während der Anteil Verpilzter an der Gesamtzahl Blattläuse pro Pflanze in der Zwischenfrucht-Variante „Senf“ zwar mit etwa 7 % vergleichbar mit der „Strohmulch“-Variante war und damit unter den beinahe 10 % in „konventionell“ bearbeiteten Parzellen lag, war ihr Anteil mit 97 % im „Senf“ deutlich höher als in den anderen Varianten (Tab. 4.30).

### Gesamtzahlen Blattläuse 1999 in Ackerbohne

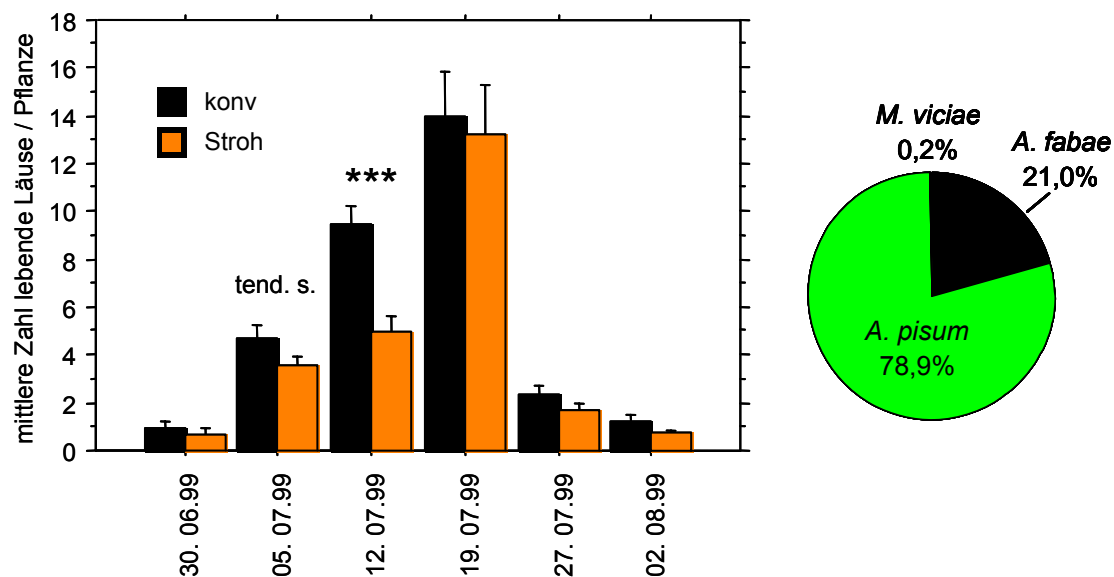
Über den gesamten Boniturzeitraum betrachtet waren die Unterschiede im Blattlausbefall zwischen den 3 Bodenbearbeitungsvarianten nicht so deutlich wie 1998. In den Mulchvarianten traten insgesamt geringfügig weniger Blattläuse auf als in der „konventionellen“ Bearbeitungsvariante (Abb. 4.22).



**Abb. 4.22:** Blattlaus-Sichtbonitur 1999: Gesamtzahl Blattläuse (lebend + tot + parasitiert + verpilzt) pro Pflanze (oben) und Anzahl lebender Blattläuse pro Pflanze (unten) - % befallene Pflanzen; Gesamtmittelwert aller Boniturtermine (25.5.-28.7.99) in den 3 Varianten der Ackerbohne

Die Unterschiede zwischen „Senf“ und „Stroh“ waren dabei besonders beim Prozentsatz blattlausbefallener Pflanzen sehr gering (Abb. 4.22). Bei der mittleren Blattlauszahl pro Pflanze wies „Senf“ über den gesamten Boniturzeitraum betrachtet weniger Blattlausbefall auf als „Stroh“ und deutlich weniger als „konv“. Die ausschließliche Betrachtung der lebenden Läuse im Vergleich mit der Einbeziehung auch der toten (ohne erkennbare Todesursache), parasitierten und verpilzten Tiere zeigte 1999 keine wesentlichen Unterschiede. Im Vergleich mit dem Vorjahr war 1999 der Blattlausbefall wesentlich stärker. Vor allem die mittlere Anzahl Blattläuse pro Pflanze war sehr viel höher als 1998. Dagegen fiel die mittlere Zahl befallener Pflanzen, obwohl höher (max. 64 % mit Gesamtzahl Läuse in „konv“) als 1998 (max. 52 % mit Gesamtzahl Läuse in „konv“) verhältnismäßig gering aus: Die mittlere Anzahl Blattläuse pro Pflanze betrug 1999 maximal 202 Läuse pro Pflanze (Gesamtzahl in „konv“), 1998 dagegen nur maximal 21 (Abb. 4.22, vgl. mit Abb. 4.18).

Auch in **Erbse** zeigte der „Strohmulch“ 1999 an allen Boniturterminen eine blattlausreduzierende Wirkung, die allerdings nur an einem Termin höchst signifikant (nach Fisher's PLSD) war, an einem anderen wenigstens tendenziell signifikant (Abb. 4.23).

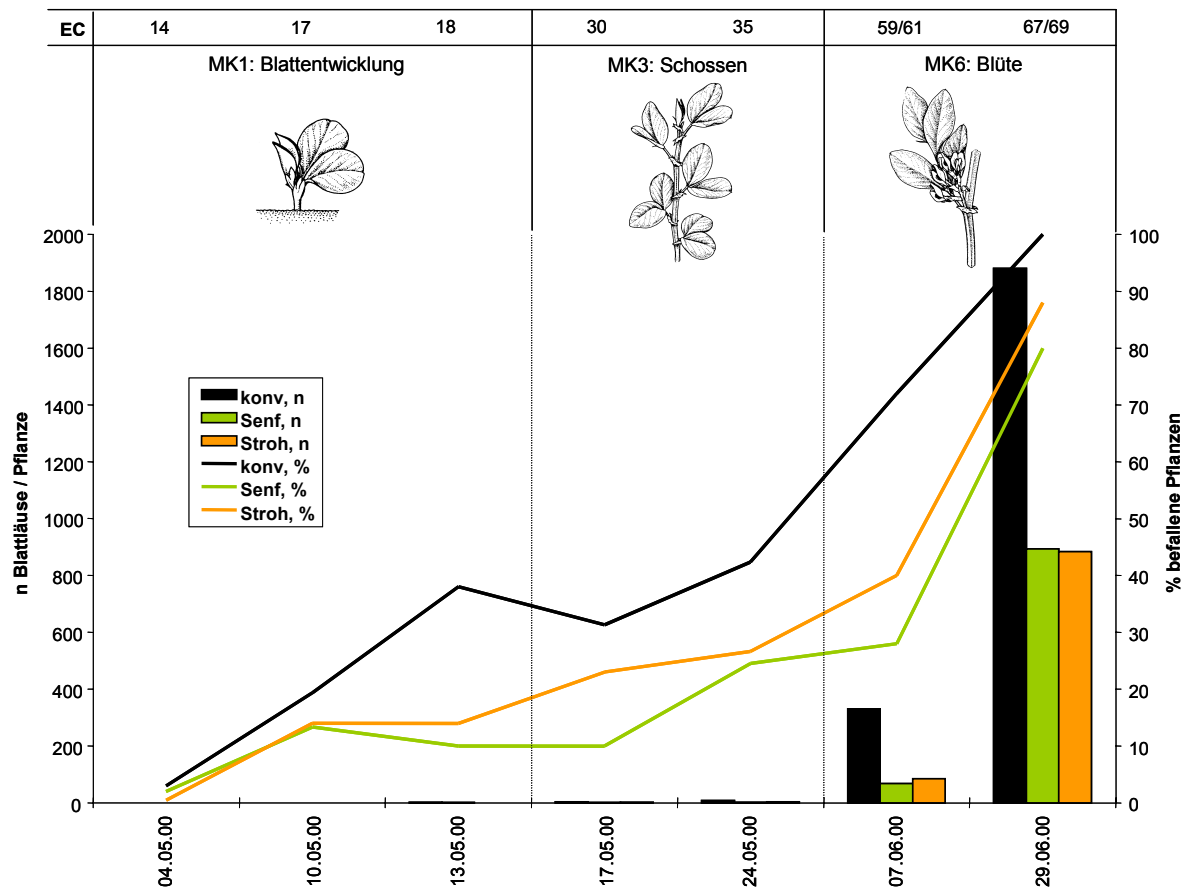


**Abb. 4.23:** Sichtbonitur 1999: links: Vergleich der Phänologien der lebenden Blattläuse in den beiden Varianten in Erbse, mit Standardabweichung; rechts: Anteil der Arten an der Gesamtzahl lebender Blattläuse in %

Das gefundene Arteninventar entsprach in Erbsen in etwa demjenigen in Ackerbohne, mit dem Unterschied, dass in Erbse *A. pisum* mit knapp 79 % den deutlich größten Teil der gefundenen Tiere ausmachte und damit deutlich eudominant war, während *A. fabae* mit 21 % dominant und *M. viciae* mit 0,2 % nur eine subrezedente „Begleitart“ darstellte (Abb. 4.23 rechts).

#### 4.1.3.6 Blattlaus-Sichtbonituren 2000

Im Versuchsjahr 2000 waren die Blattlauszahlen in der Ackerbohne in beiden Mulchsaatvarianten im gesamten Boniturzeitraum durchgängig gegenüber der „konventionellen“ Bodenbearbeitung reduziert (Abb. 4.25). Dies galt sowohl für die Blattlausanzahl je Pflanze als auch für den Anteil befallener Pflanzen in %.



**Abb. 4.24:** Blattlaus-Sichtbonitur 2000: Phänologie der Gesamtzahl Blattläuse (lebend + tot) im gesamten Fangzeitraum (4.5.-29.6.99) in den 3 Varianten der Ackerbohne, mit Darstellung des Entwicklungsstadiums der Bohnenpflanzen

Dabei hatte die Zwischenfrucht „Senf“ gegenüber der „Stroh“-Variante eine etwas größere blattlausreduzierende Wirkung, auch in der „Besiedlungs-Phase“, stärker jedoch in der „Etablierungs-Phase“ der Blattläuse (Abb. 4.24, Tab. 4.31 bis 4.33).

**Tab. 4.31:** Blattlaus-Sichtbonitur 2000; Ackerbohne: Erhöhung (+) / Reduktion (-) des Gesamt-Blattlausbefalls (Blattläuse lebend + tot) in "Senf" oder "Stroh" gegenüber "konv" um x %; mittlere Anzahl Blattläuse pro Pflanze

Termin	Erh./Red. in % Senf	Erh./Red. in % Stroh	
04.05.2000	- 73,9	- 73,9	<b>"Besiedlungs-Phase"</b>
10.05.2000	- 31,3	- 25,0	
13.05.2000	- 63,6	- 84,1	
17.05.2000	- 61,3	- 33,7	
24.05.2000	- 77,1	- 55,4	<b>"Etablierungs-Phase"</b>
07.06.2000	- 79,4	- 74,3	
29.06.2000	- 52,5	- 53,0	
<b>Mittel aller Termine</b>	- 61,4	- 61,1	

Die **Gesamtzahl der Blattläuse** (lebend + tot) pro Pflanze war in den beiden Mulchsaat-Varianten im Vergleich zur „konventionellen“ Bodenbearbeitung im Versuchsjahr 2000 im Mittel aller Boniturtermine höchst signifikant reduziert (Tab. 4.32).

**Tab. 4.32:** Blattlaus-Sichtbonitur 2000; Ackerbohne: Vergleich des Gesamt-Blattlausbefalls (Blattläuse lebend + tot) zwischen den 3 Varianten; mittlere Anzahl Blattläuse pro Pflanze; Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %, nach Terminen getrennt

Termin	konv, Senf		konv, Stroh		Senf, Stroh		
	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	
04.05.2000	0,085	0,1485	0,085	0,1485	0,000	-	<b>Besiedlungs-Phase</b>
10.05.2000	0,167	0,2987	0,133	0,4056	-0,033	0,8352	
13.05.2000	1,120	0,0541	1,480	0,0113 *	0,360	0,5335	
17.05.2000	1,840	0,1357	1,010	0,3156	-0,830	0,4994	
24.05.2000	5,728	0,0014 **	4,110	0,0216 *	-1,618	0,3646	<b>Etablierungs-Phase</b>
07.06.2000	262,830	<0,0001 ***	246,045	<0,0001 ***	-16,785	0,6479	
29.06.2000	986,280	<0,0001 ***	995,720	<0,0001 ***	9,440	0,9684	
<b>Mittel aller Termine</b>	64,704	<0,0001 ***	64,375	<0,0001 ***	-0,329	0,9828	

Höchst signifikant niedrigere Blattlauszahlen in „Senf“ und „Stroh“ gegenüber „konv“ fanden sich dabei vor allem in der „Etablierungs-Phase“ der Blattläuse vom 24.5.-29.6.00. In der „Besiedlungs-Phase“ vom 4.-17.5.00 hatte die Zwischenfrucht „Senf“ gegenüber den „Stroh“-Parzellen eine um 3 % höhere Gesamtreduktion im Vergleich zur „konventionellen“ Bodenbearbeitung (im Mittel 57,5 %; Tab. 4.31), und der Unterschied war im Mittel hoch signifikant (Tab. 4.33), nicht jedoch an den einzelnen Boniturterminen (Tab. 4.32).

**Tab. 4.33:** Blattlaus-Sichtbonitur 2000; Ackerbohne: Vergleich des Gesamt-Blattlausbefalls (Blattläuse lebend + tot) zwischen den 3 Varianten; mittlere Anzahl Blattläuse pro Pflanze; Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %, nach Blattlaus-Befallsphasen getrennt; Besiedlung: 4.5.-17.5., Etablierung: 24.5.-29.6.

Phase	konv, Senf			konv, Stroh			Senf, Stroh	
	mittl. Diff.	P-Wert		mittl. Diff.	P-Wert		mittl. Diff.	P-Wert
Besiedlung	0,642	0,0027 **		0,420	0,433 *		-0,222	0,2971
Etablierung	187,699	<0,0001 ***		182,175	<0,0001 ***		-5,524	0,8886

Lediglich im „Stroh“ war an einem Termin innerhalb der „Besiedlungs-Phase“ der Unterschied zur „konventionellen“ Bodenbearbeitung signifikant. Hier war der Blattlausbefall pro Pflanze im „Stroh“ auch um 84 % niedriger als in „konv“ (Tab. 4.31 u. 4.32). Im Mittel war die Blattlauszahl pro Pflanze in der „Stroh“-Variante innerhalb der „Besiedlungs-Phase“ um 54,2 % signifikant reduziert (Tab. 4.31 u. 4.33). Es wurde lediglich der Mittelwert der Summe von lebenden + toten Blattläusen, ohne parasitierte und verpilzte berechnet, weil verpilzte Blattläuse im gesamten Boniturzeitraum gar nicht und nur 9 (!) parasitierte auftraten.

**Tab. 4.34:** Blattlaus-Sichtbonitur 2000; Ackerbohne: Erhöhung (+) / Reduktion (-) des Anteils mit der Gesamtzahl aller Blattläuse (Blattläuse lebend + tot) befallener Pflanzen in "Senf" oder "Stroh" gegenüber "konv" um x %

Termin	Erh./Red. in % <b>Senf</b>	Erh./Red. in % <b>Stroh</b>	
04.05.2000	- 33,3	- 83,3	<b>"Besiedlungs-Phase"</b>
10.05.2000	- 31,0	- 27,6	
13.05.2000	- 73,7	- 63,2	
17.05.2000	- 68,1	- 26,5	
24.05.2000	- 42,2	- 37,1	<b>"Etablierungs-Phase"</b>
07.06.2000	- 61,1	- 44,4	
29.06.2000	- 20,0	- 12,0	
<b>Mittel aller Termine</b>	- 48,4	- 36,6	

Beim **Anteil befallener Pflanzen** war der gleiche Trend wie bei den Gesamtzahlen pro Pflanze zu finden, mit dem Unterschied, dass hier die „Strohschicht“ beim ersten Boniturtermin gegenüber der „Senf“-Variante den deutlich höheren blattlausreduzierenden Effekt aufwies. In den „Stroh“-Parzellen wurden Anfang Mai 83 % weniger befallene Pflanzen als in den „konventionell“ bearbeiteten Flächen gezählt, im „Senf“ nur 33 % weniger als in „konv“ (Tab. 4.34). Mit fortschreitender Zeit nahm jedoch die Wirkung der „Strohmulch“ ab, so dass innerhalb der „Besiedlungs-Phase“ der Anteil befallener Pflanzen im „Stroh“ im Mittel um 50,2 % gegenüber der „konventionellen“ Bodenbearbeitung reduziert war, in der „Etablierungs-Phase“ nur noch um 31,2 %. Im „Senf“ dagegen lagen die mittleren Werte etwas höher als im „Stroh“: Innerhalb der „Besiedlungs-Phase“ war hier eine mittlere Gesamtreduktion des Anteils

blattlausbefallener Pflanzen von 51,5 %, innerhalb der „Etablierungs-Phase“ von 41,1 % gegenüber „konventioneller“ Bodenbearbeitung zu verzeichnen.

**Tab. 4.35:** Blattlaus-Sichtbonitur 2000; Ackerbohne: Vergleich des Anteils mit der Gesamtzahl aller Blattläuse (Blattläuse lebend + tot) befallener Pflanzen in % zwischen den 3 Varianten; Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %, nach Terminen getrennt

Termin	konv, Senf		konv, Stroh		Senf, Stroh		
	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	
04.05.2000	1,000	0,4561	2,500	0,0628	1,500	0,2638	<b>Besiedlungs-Phase</b>
10.05.2000	6,000	0,1526	5,333	0,2035	-0,667	0,8736	
13.05.2000	28,000	0,0004 ***	24,000	0,0025 **	-4,000	0,6084	
17.05.2000	21,313	0,0038 **	8,313	0,1645	-13,000	0,0755	
24.05.2000	17,881	0,0008 ***	15,717	0,0031 **	-2,163	0,6821	<b>Etablierungs-Phase</b>
07.06.2000	44,000	<0,0001 ***	32,000	<0,0001 ***	-12,000	0,0634	
29.06.2000	20,000	0,0227 *	12,000	0,1667	-8,000	0,3548	
<b>Mittel aller Termine</b>	15,351	<0,0001 ***	11,615	<0,0001 ***	-3,736	0,0807	

**Tab. 4.36:** Blattlaus-Sichtbonitur 2000; Ackerbohne: Vergleich des Anteils mit der Gesamtzahl aller Blattläuse (Blattläuse lebend + tot) befallener Pflanzen in % zwischen den 3 Varianten; Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %, nach Blattlaus-Befallsphasen getrennt; Besiedlung: 4.5.-17.5., Etablierung: 24.5.-29.6.

Phase	konv, Senf		konv, Stroh		Senf, Stroh	
	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert	mittl. Diff.	P-Wert
Besiedlung	9,479	<0,0001 ***	6,634	0,0011 **	-2,844	0,1722
Etablierung	27,536	<0,0001 ***	21,140	<0,0001 ***	-6,396	0,1153

Die Reduktion des Anteils blattlausbefallener Pflanzen gegenüber der „konventionellen“ Bodenbearbeitungsvariante war im Mittel aller Boniturtermine in beiden Mulchsaatvarianten höchst signifikant (Tab. 4.35). Betrachtet man die zeitlichen Unterschiede, so waren die Zahlen im „Senf“ sowohl in der „Besiedlungs“- als auch in der „Etablierungs-Phase“ höchst signifikant reduziert, in der „Stroh“-Variante dagegen in der „Besiedlungs-Phase“ im Mittel nur hoch signifikant, innerhalb der „Etablierungs-Phase“ der Blattläuse aber ebenfalls höchst signifikant (Tab. 4.36).

Da im Versuchsjahr 2000 kaum tote Blattläuse und so gut wie keine verpilzten und parasitierten Tiere auftraten, wird auf die gesonderte Betrachtung von lebenden und toten Blattläusen verzichtet.

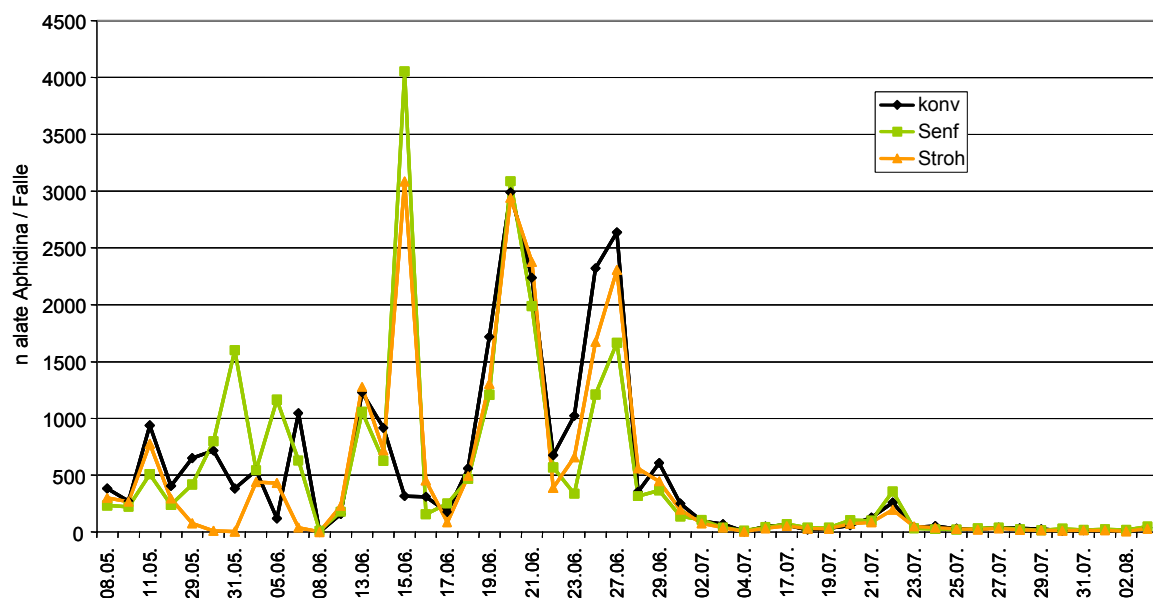
#### 4.1.3.7 Saugfallen

##### Blattlausfang in Saugfallen 1998 und 1999 im Vergleich der 3 Varianten

Die Saugfallenfänge 1998 und 1999 waren in ihrem Verlauf zwar sehr verschieden, die Mulchvarianten zeigten aber in beiden Jahren eine ähnliche Wirkung auf den Fang alater Blattläuse.

1998 setzte der Befallsflug der Läuse ca. 1 Monat früher ein als 1999 und auch mit wesentlich höheren (ca. 5-mal höher) Zahlen (Abb. 4.25).

Zur Zeit der Erstbesiedlung („Besiedlungs-Phase“) der Pflanzen konnte 1998 (Tab. 4.37) und 1999 (Tab. 4.39) in Ackerbohne, 1998 auch in Lupine (Tab. 4.38, Abb. 4.26), eine reduzierende Wirkung des „Strohmulches“ beobachtet werden. Die Unterschiede waren allerdings nicht signifikant. Über der Zwischenfrucht fingen sich in der „Besiedlungs-Phase“ zunächst die meisten alaten Blattläuse, auch mehr als über „konventionell“ behandelten Parzellen. Zur Zeit der „Etablierungs-Phase“ wurden dann über den „Senf“-Parzellen die wenigsten Läuse gefangen, über „Stroh“ die meisten. Auch zwischen „Senf“ und „konventionell“ waren die gefundenen Unterschiede nicht signifikant.



**Abb. 4.25:** Saugfalle 1998: Ackerbohne; Phänologie alater Blattläuse in den 3 Varianten

In der „Reduktions-Phase“ (nur 1998) zeigte die „Strohmulch“ dann wieder geringere Zahlen alater Blattläuse als die beiden übrigen Varianten. Die starken Schwankungen der Blattlauszahlen 1998 (Abb. 4.25) waren witterungsabhängig (s. Kap. 9.4.5 im Anhang) und bewirkten, dass die Unterschiede zwischen den Varianten, wie auch 1999, nur an einzelnen Terminen bzw. 1998 in der „Besiedlungs-Phase“ zwischen „Senf“ und „Stroh“ ( $p < 0,05$ ) signifikant waren.

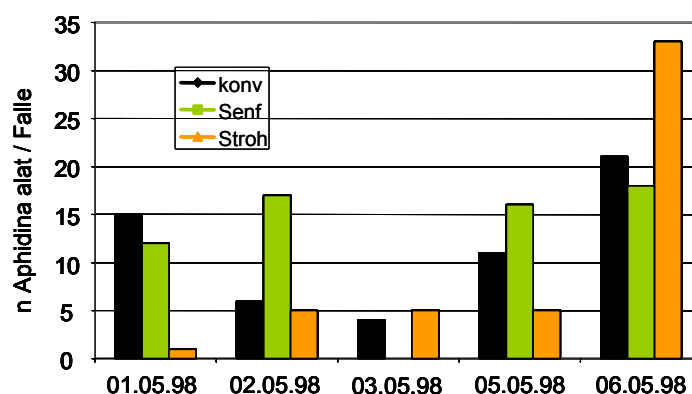


**Tab. 4.37:** Saugfalle 1998: Ackerbohne; alate Blattläuse und ausgewählte monophage Antagonisten in den 3 Varianten; jeweilige Summe der 3 Besiedlungsphasen und Summe der gesamten Fangperiode

	Σ Besiedlungs-Phase 8.5.-6.6.98			Σ Etablierungs-Phase 7.6.-29.6.98			Σ Reduktions-Phase 1.7.-3.8.98			Gesamt-Σ 8.5.-3.8.98		
	konv	Senf	Stroh	konv	Senf	Stroh	konv	Senf	Stroh	konv	Senf	Stroh
Blattläuse alate	5439	6349	2628	18218	17533	18979	1362	1360	1073	25019	25242	22680
Schwebfliegen, Imago	0	0	0	0	0	2	45	410	1179	45	410	1181
Florfliegen, Imago	8	1	5	14	4	6	19	19	12	41	24	23
Marienkäfer, Imago	0	1	1	4	2	3	51	33	52	55	36	56

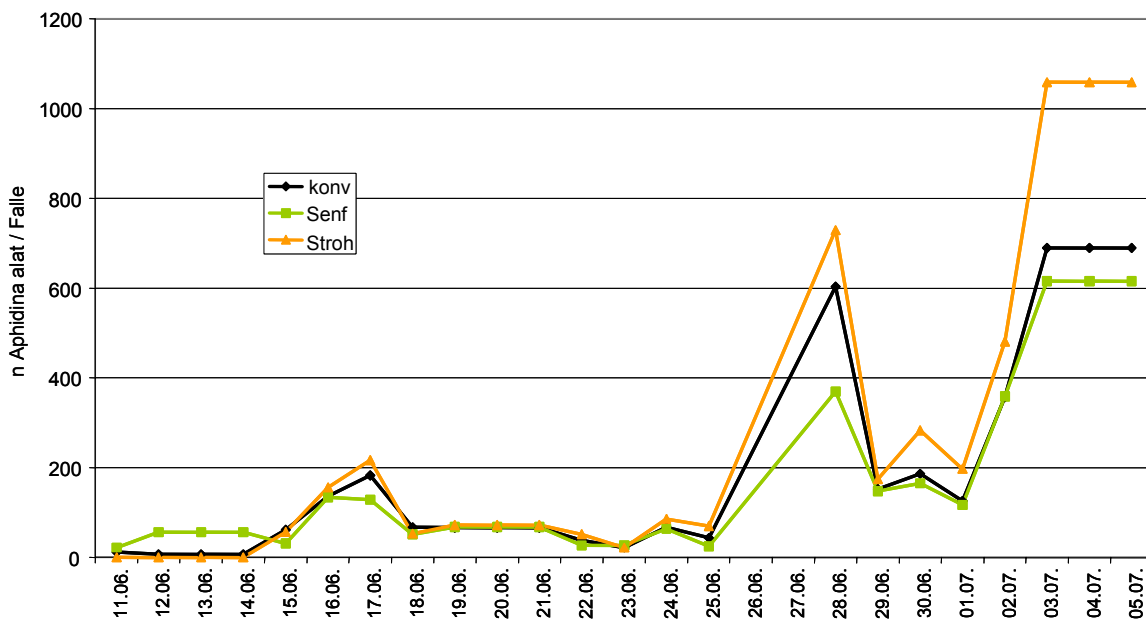
**Tab. 4.38:** Saugfalle 1998: Lupine; alate Blattläuse und ausgewählte monophage Antagonisten in den 3 Varianten; Summe der beginnenden „Besiedlungs-Phase“

	Σ Besiedlungs-Phase 1.5.-6.5.98		
	konv	Senf	Stroh
Blattläuse alate	53	63	44
Schwebfliegen, Imago	0	0	0
Florfliegen, Imago	1	0	1
Marienkäfer, Imago	1	1	0



**Abb. 4.26:** Saugfalle 1998: Lupine; alate Blattläuse in den 3 Varianten in der beginnenden „Besiedlungs-Phase“

Die **Nützlinge** traten **1998** (Tab. 4.37) in größeren Zahlen erst ab Juli („Reduktions-Phase“) in Erscheinung. Florfliegen- und Marienkäfer-Imagines waren allerdings auch schon in der „Besiedlungs- und in etwas höherer Dichte in der „Etablierungs-Phase“ zu finden. Schwebfliegen-Imagines wurden in der „Reduktions-Phase“ besonders über den Mulchvarianten, vor allem den mit „Stroh“ gemulchten Parzellen gefunden, wo auch die geringste Zahl alater Blattläuse verzeichnet wurde. Zu Beginn bis Mitte des Jahres wurden Florfliegen-Imagines vermehrt über der „konventionellen“ Variante gefunden, zum Ende der Feldsaison („Reduktions-Phase“) auch im „Senf“. Marienkäfer-Imagines verteilten sich über alle Varianten ungefähr gleich. In der „Reduktions-Phase“ nahm ihre Dichte aber in allen Varianten deutlich zu (Tab. 4.37), in „Senf“ dabei etwas weniger als in „konv“ und „Stroh“.



**Abb. 4.27:** Saugfalle 1999: Ackerbohne; Phänologie alater Blattläuse in den 3 Varianten

Das abrupte Ende der Kurve 1999 (Abb. 4.27) ist dadurch bedingt, dass die Fallen in Ackerbohne vorzeitig am 6.7.99 abgebaut und in die neu angelegte Erbsen-Kultur umgesetzt wurde. Die Saugfallen liefen ab 7.7. bis 6.8.99 in Erbse.

Anmerkung: 1999 fing die Blattlaus-Besiedlung („Besiedlungs-Phase“) wie im Vorjahr auch schon früher, nämlich mindestens am 20.5.99 = Aufstellung der Gelbfangschalen, an. Die „Etablierungs-Phase“ ging laut Blattlaus-Sichtbonitur und Gelbfangschalen-Fängen vom 16.6. bis zum 20.7.99. Die „Reduktions-Phase“ (21.7.-5.8.99, Zeitraum ermittelt aus Gelbschalen-Fängen und Sichtbonituren) wurde 1999 von den Saugfallen nicht erfasst.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass sich der Befallshöhepunkt 1999 auch in Saugfallen-Fängen (wie in Gelbfangschalen und Sichtbonitur: Höhepunkt 20. Juli) weiter zum Ende der Vegetationsperiode hin verlagert hätte, da es durch die in Kap. 3.1.1 erwähnten Pflanzenkrankheiten 1998 zu einem verfrühten Absterben der Pflanzen und somit auch der Blattläuse kam. Der Befallshöhepunkt der Gesamtzahl Blattläuse (alat, apter, Larve) mit anschließendem steilem Abfall der Zahlen wurde 1998 bei der Sichtbonitur am 26. Juni erreicht (Abb. 4.14). Zu diesem Zeitpunkt traten auch die meisten alaten Tiere auf (ermittelt mit Saugfallen, Abb. 4.25 und Gelbfangschalen, Abb. 4.12).

**Tab. 4.39:** Saugfalle 1999: Ackerbohne; alate Blattläuse und ausgewählte Antagonisten in den 3 Varianten; jeweilige Summe von 2 Besiedlungsphasen und Summe der gesamten Fangperiode

	Σ Besiedlungs-Phase 11.6.-15.6.99			Σ Etablierungs-Phase 16.6.-5.7.99			Gesamt-Σ 11.6.-5.7.99		
	konv	Senf	Stroh	konv	Senf	Stroh	konv	Senf	Stroh
Blattläuse alate	95	221	57	4246	3667	5915	4341	3888	5972
Schwebfliegen, Imago	0	0	0	3	0	1	3	0	1
Florfliegen, Imago	11	14	7	213	309	241	224	323	248
Marienkäfer, Imago	2	1	0	1	5	5	3	6	5
Spinnen	24	61	14	375	345	237	399	406	251

**Tab. 4.40:** Saugfallen 1999; Ackerbohne: Anzahl der 3 Hauptblattlausarten pro Pflanze in den 3 Varianten, nach Blattlaus-Besiedlungsphasen getrennt

	Mittel Besiedlungs-Phase			Mittel Etablierungs-Phase			Gesamt-Mittel		
	konv	Senf	Stroh	konv	Senf	Stroh	konv	Senf	Stroh
<i>Aphis fabae</i> alate	0,4	0,6	0,2	6,7	3,6	7,1	5,3	2,8	5,6
<i>Acyrtosiphon pisum</i> alate	0,8	0,6	0,8	12,8	6,8	10,9	10,2	5,3	8,7
<i>Megoura viciae</i> alate	0,2	0,2	0,0	0,1	0,3	0,4	0,1	0,3	0,3
Σ 3 Hauptarten	1,4	1,4	1,0	19,6	10,7	18,5	15,7	8,4	14,7

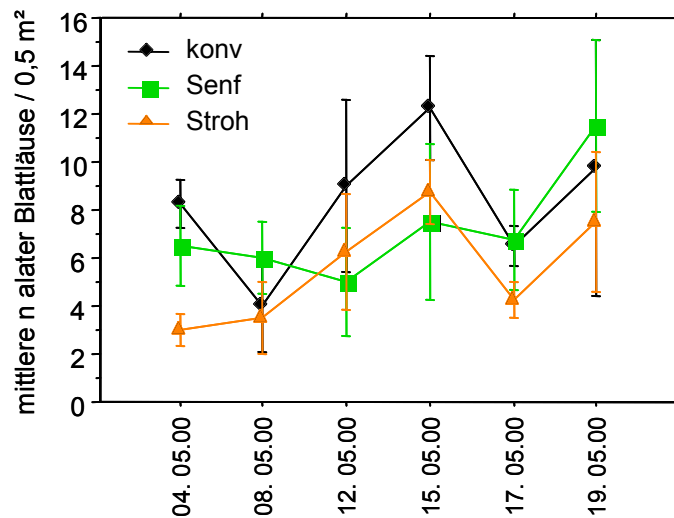
Schwebfliegen-Imagines traten **1999** (Abb. 4.39) erst in der „Etablierungs-Phase“ ab Mitte Juni in Erscheinung, wurden allerdings mit der Saugfalle nur in sehr geringer Zahl gefangen, ebenso wie Marienkäfer-Imagines. Florfliegen-Imagines und Spinnen traten dagegen in wesentlich größerer Dichte schon zur Zeit der Erstbesiedlung des Bestandes durch die Blattläuse („Besiedlungs-Phase“) auf, wobei sie bevorzugt in der Variante mit Zwischenfrucht gefunden wurden. Innerhalb der „Etablierungs-Phase“ der Läuse explodierten ihre Zahlen dann regelrecht, genauso wie diejenigen ihrer Beute, der Blattläuse. In der Zwischenfrucht traten die Räuber in besonders hoher Dichte auf, wo zur Zeit der „Etablierungs-Phase“ die wenigsten geflügelten Blattläuse gefangen wurden (Tab. 4.40).

#### 4.1.3.8 Fangrahmen (Klebefallen)

##### Fangrahmen 2000

Die Anzahl alater Blattläuse, die sich in den Klebefallen fingen, lag in der „Strohmulch“-Variante an allen Boniturterminen im Monat Mai kontinuierlich unterhalb der Zahl in den „konventionell“ bearbeiteten Parzellen (Abb. 4.28). Am ersten Termin war der Unterschied signifikant ( $p < 0,05$ ). An den meisten Terminen lagen die Blattlauszahlen im „Stroh“ auch unterhalb der Fangzahlen in der Variante mit Zwischenfrucht „Senf“. Im Durchschnitt war die Anzahl geflügelter Blattläuse in der „Stroh“-Variante um 32 %, im „Senf“ um 5 % gegenüber der „konventionellen“ Bodenbearbeitung reduziert. Die

minimale Reduktion gegenüber „konventionell“ lag im „Stroh“ bei 13 %, der Maximalwert bei 64 %.



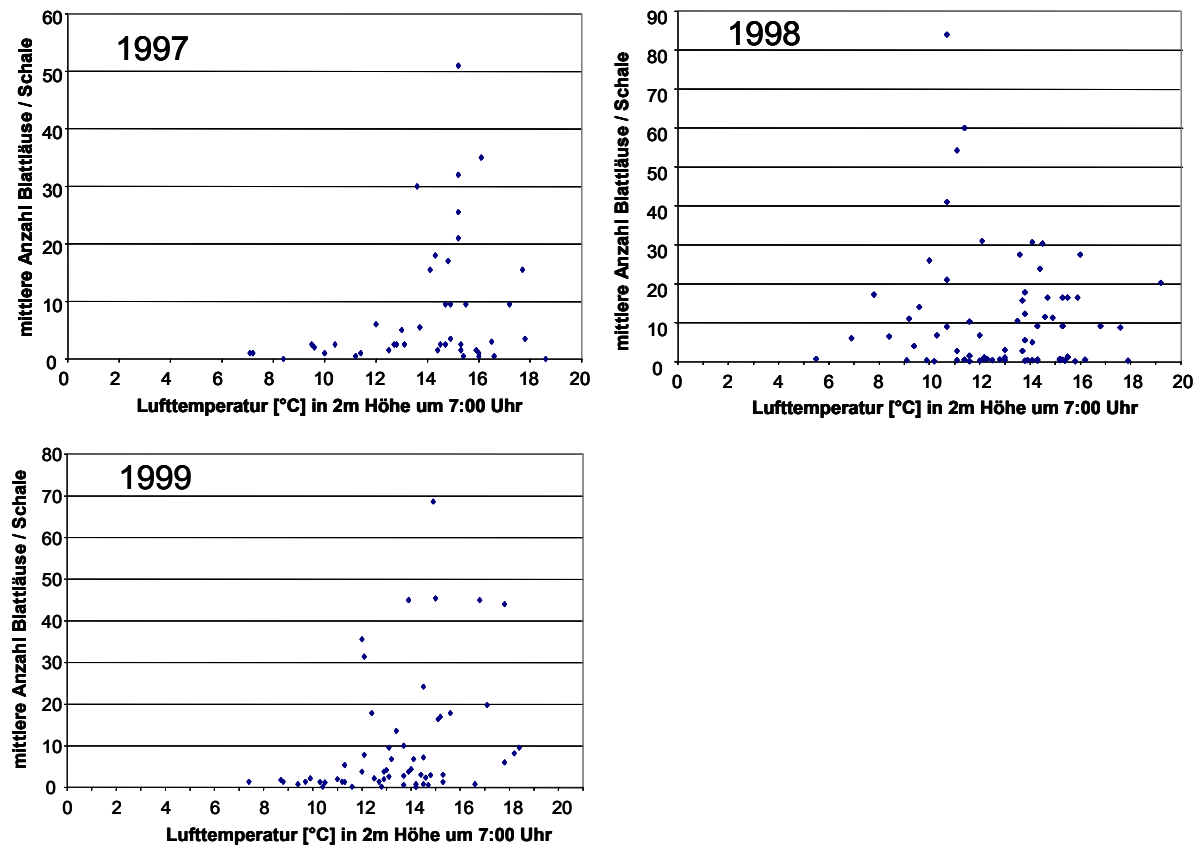
**Abb. 4.28:** Blattlaus-Fangrahmen 2000: Phänologie alater Blattläuse in den 3 Varianten der Ackerbohne, mit Standardabweichung

Die Unterschiede zwischen den Varianten waren nach Fisher's PLSD bis auf den ersten Fangtermin nicht signifikant.

#### 4.1.4 Flugaktivität alater Blattläuse im Einfluss der Witterung

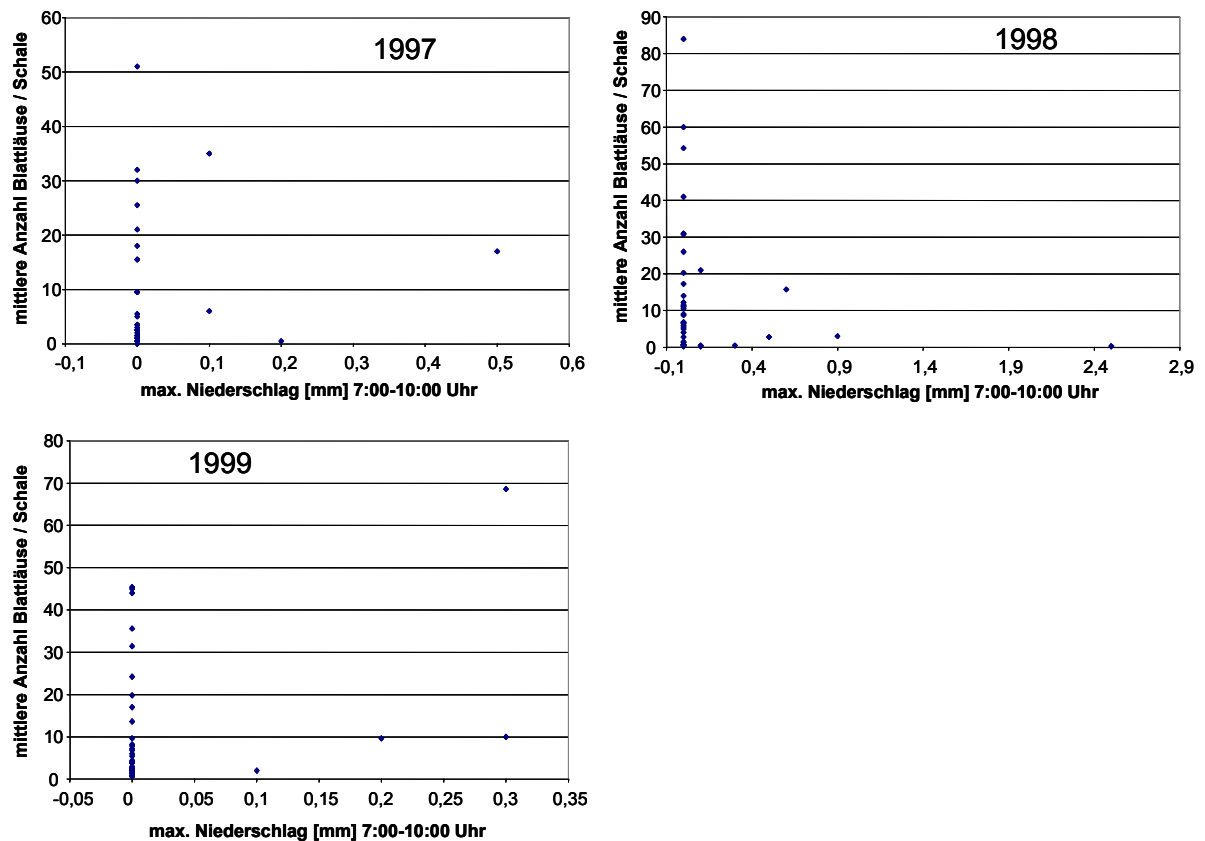
##### Vergleich der Gelbfangschalen-Fänge 1997-1999 mit Witterungsbedingungen wie Temperatur, Niederschlag und Windgeschwindigkeit

1997 und 1999 wurden täglich die meisten geflügelten Blattläuse in Gelbschalen gefangen, wenn die **Lufttemperatur** (gemessen in 2 m Höhe) morgens um 7:00 Uhr (Beginn der Aktivitätsphase der Blattläuse) 14 bis 15 °C betragen hatte (Abb. 4.29). Auch bei Werten um 11-12 °C zeigte sich schon einige Flugaktivität. 1998 wurden schon ab 11 °C die höchsten Fangzahlen alater Blattläuse erreicht, ab 14/15 °C wurde aber auch hier die höchste Frequenz Geflügelter festgestellt.



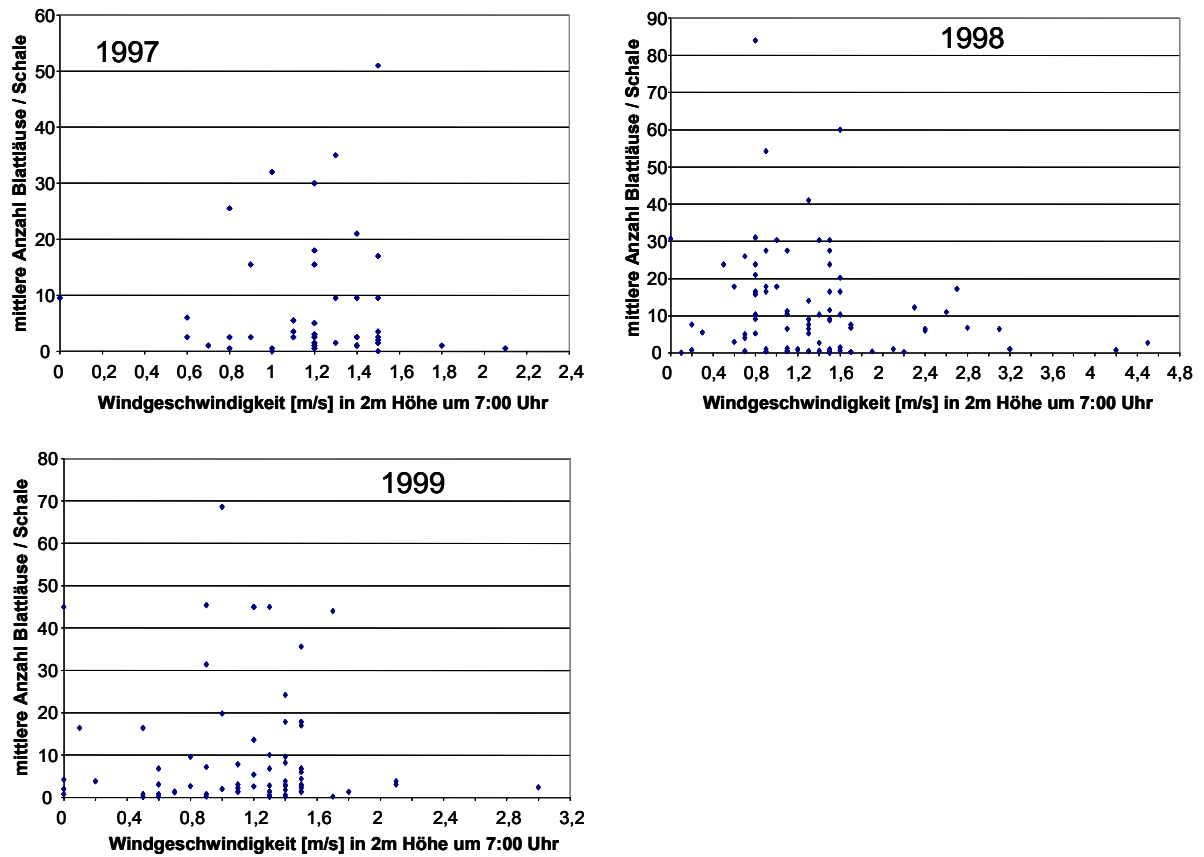
**Abb. 4.29:** 24-Stunden-Fänge alater Blattläuse in Gelbfangschalen nach den jeweiligen täglichen Lufttemperaturen um 7:00 Uhr in 2 m Höhe (Ackerbohne, „konventionell“)

In allen Versuchsjahren 1997 bis 1999 war ein deutlicher Zusammenhang zwischen **Niederschlagsereignissen** und Blattlausflug zu erkennen (Abb. 4.30). Alate Blattläuse wurden fast ausschließlich in Gelbfangschalen erfasst, wenn es vormittags zwischen 7:00 und 10:00 Uhr keinen Niederschlag gab. Vereinzelt flogen auch Läuse bis zu einer Niederschlagsmenge von maximal 0,5 mm.

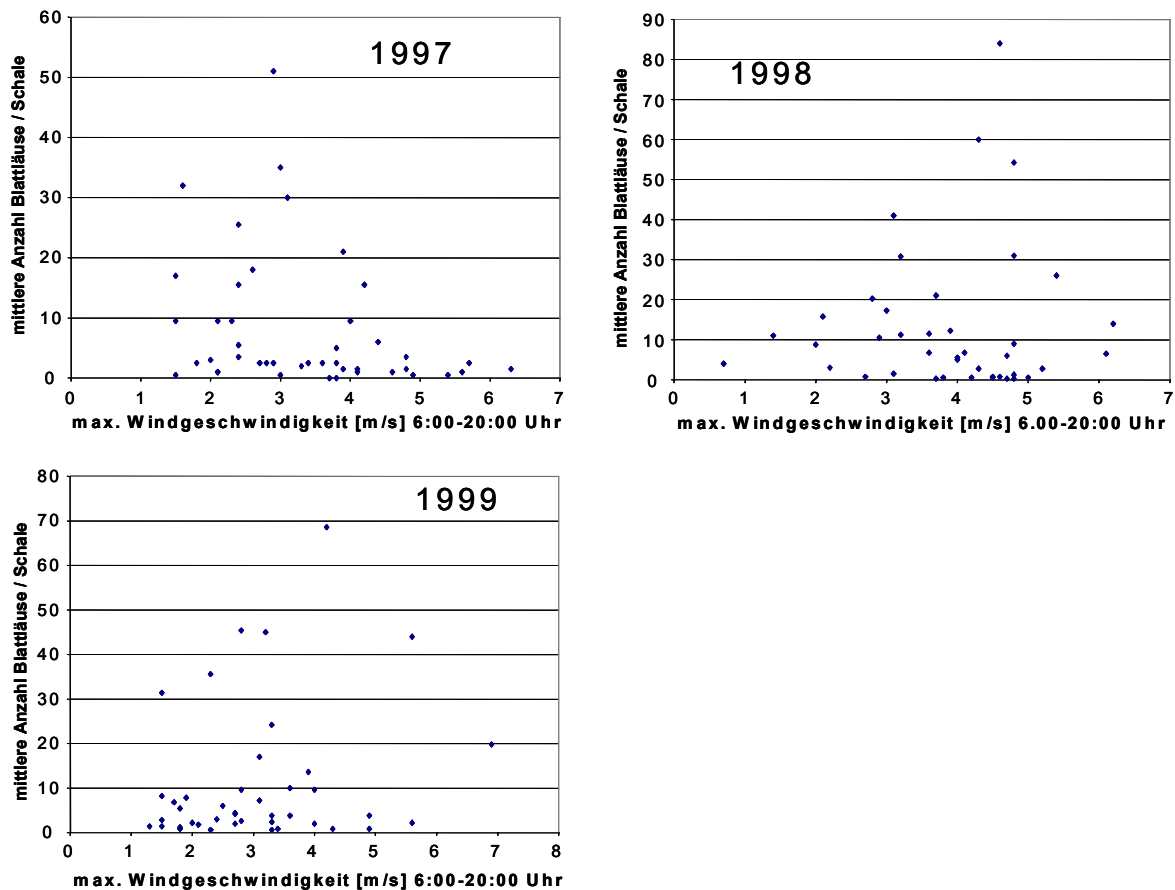


**Abb. 4.30:** 24-Stunden-Fänge alater Blattläuse in Gelbfangschalen bei jeweiligen täglichen maximalen Niederschlägen zwischen 7:00 und 10:00 Uhr (Ackerbohne, „konventionell“)

In allen Versuchsjahren 1997 bis 1999 flogen die meisten Blattläuse, wenn die **Windgeschwindigkeiten** (gemessen in 2 m Höhe) morgens zwischen 7:00 und 8:00 Uhr unter 1,6 m/s gelegen hatten (Abb. 4.31). Wenn die Windgeschwindigkeit im Laufe des Tages zunahm, so fingen sich in allen Versuchsjahren noch bis 5,5 m/s vereinzelt Blattläuse (Abb. 4.32).



**Abb. 4.31:** 24-Stunden-Fänge alater Blattläuse in Gelbfangschalen nach jeweiligen täglichen maximalen Windgeschwindigkeiten zwischen 7:00 und 8:00 Uhr in 2 m Höhe (Ackerbohne, „konventionell“)



**Abb. 4.32:** 24-Stunden-Fänge alater Blattläuse in Gelbfangschalen bei jeweiligen täglichen maximalen Windgeschwindigkeiten zwischen 6:00 und 20:00 Uhr in 2 m Höhe (Ackerbohne, „konventionell“)

Die Abhängigkeit der Flugaktivität geflügelter Blattläuse von der Windgeschwindigkeit lässt sich auch gut in der Abb. 4.33 erkennen.

#### 4.1.5 Tagesgang der Flugaktivität alater Blattläuse

Das Flugverhalten alater Blattläuse wurde mit Hilfe von Saugfallenfängen an einem niederschlagsfreien Tag Mitte Juni 1997 untersucht (Abb. 4.33).

An diesem Tag flogen die Blattläuse von 9:00 Uhr morgens bis 20:00 Uhr abends. In der Stunde zwischen 18:00 und 19:00 Uhr war eine verstärkte Flugaktivität zu verzeichnen. Der Blattlausflug zeigte sich an diesem Tag abhängig von der Lufttemperatur, der relativen Luftfeuchte und vor allem der Windgeschwindigkeit. Erst ab einer Lufttemperatur von 15,4 °C und einem relativ geringen Luftfeuchtwert von 57 % wurden die ersten Blattläuse gefangen. War geringer Wind, so wurden mehr alate Blattläuse erfasst. Die meisten Tiere flogen bei Windgeschwindigkeiten unter 1 m/s bzw. bei Werten bis maximal 1 m/s.



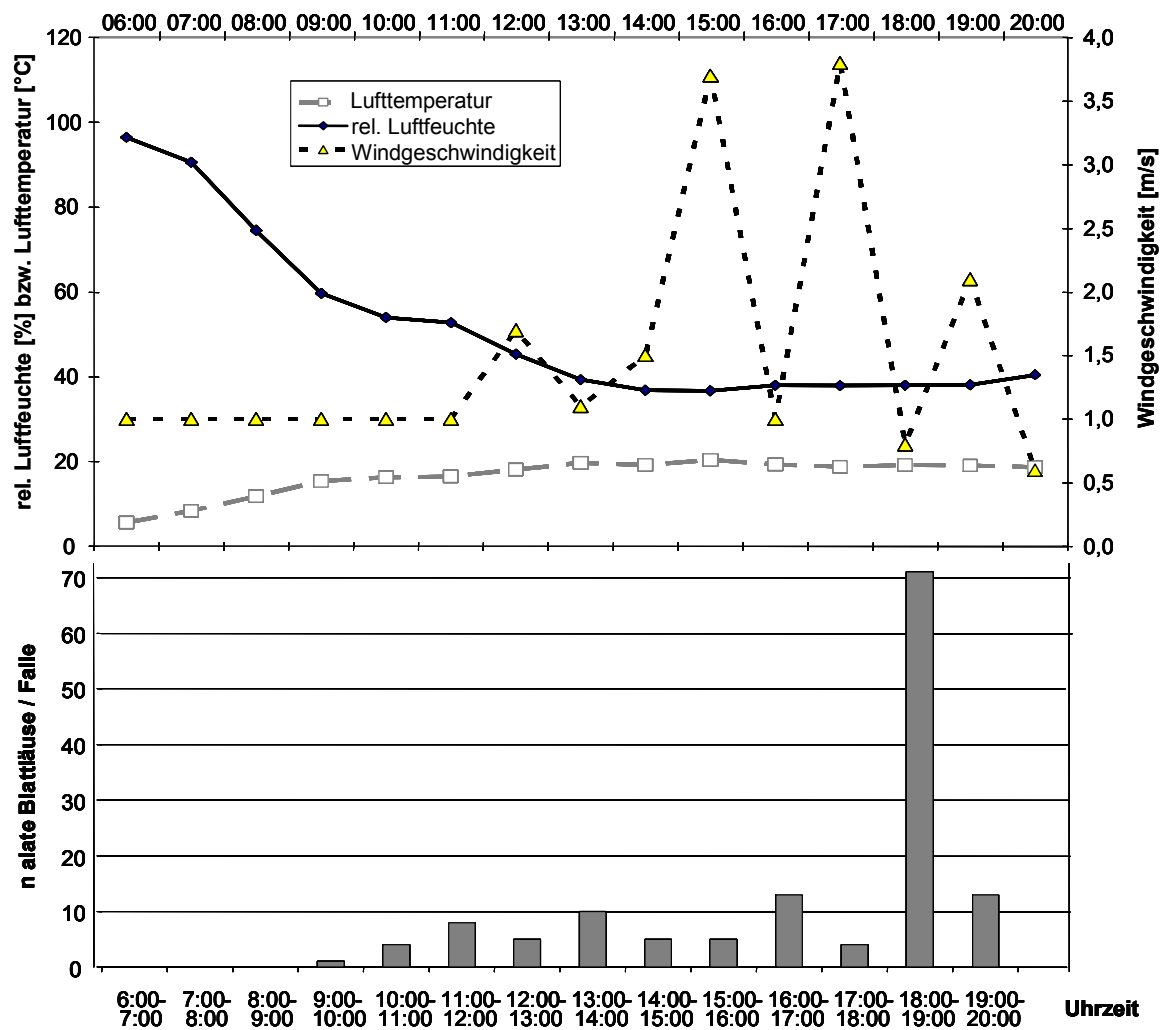
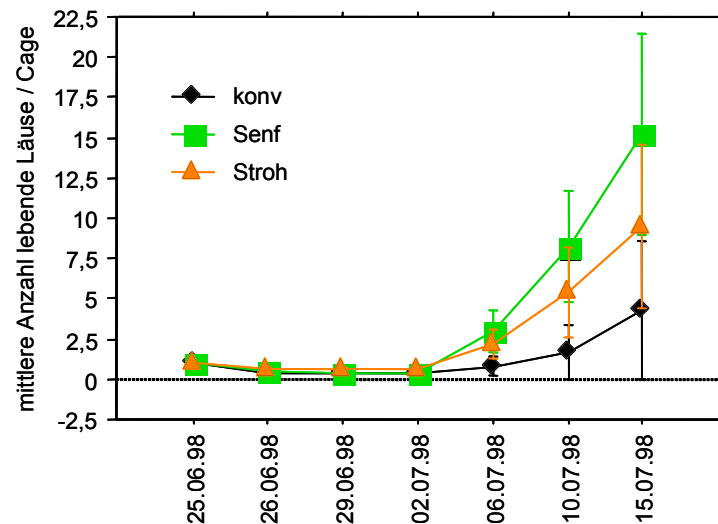


Abb. 4.33: Saugfalle 1997: Tagesgang des Fanges alater Blattläuse am 19.6.97

#### 4.1.6 Clip-Cage-Versuch

Mit Hilfe des Clip-Cage-Versuches sollten Aussagen über den Einfluss der Fitness der Wirtspflanze auf die Blattlausentwicklung in den unterschiedlichen Versuchsvarianten möglich werden, unabhängig von Prädatoren. Bei der Bonitur der Pflanzenentwicklung zeigte sich, dass die Ackerbohnen und Erbsen in den gemulchten Parzellen größer und kräftiger wuchsen als in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung (Kap. 4.3.3.2 u. 4.3.4.2), worin sich eine höhere Fitness der Wirtspflanzen im Mulchsaatverfahren zeigte.

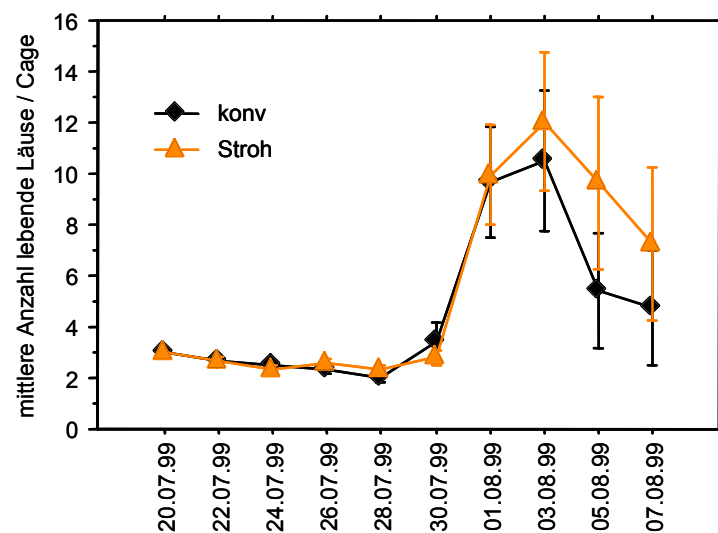
Der Versuch wurde 1998 in Ackerbohne und 1999 in Erbse über jeweils 3 Wochen durchgeführt. Dabei zeigten sich in den beiden Versuchsjahren ähnliche Ergebnisse.



**Abb. 4.34:** Clip-Cage-Versuch 1998 in Ackerbohne

Im Ackerbohnenbestand war 1998 die Vermehrung der Blattläuse in den beiden Mulchvarianten „Senf“ und „Strohmulch“ deutlich stärker als in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung (Abb. 4.34). In der Zwischenfrucht „Senf“ wurden dabei die meisten Larven pro Imago abgesetzt.

In allen 3 Varianten haben die eingesetzten Blattlauslarven nach 11 Tagen mit der Reproduktion begonnen.



**Abb. 4.35:** Clip-Cage-Versuch 1999 in Erbse

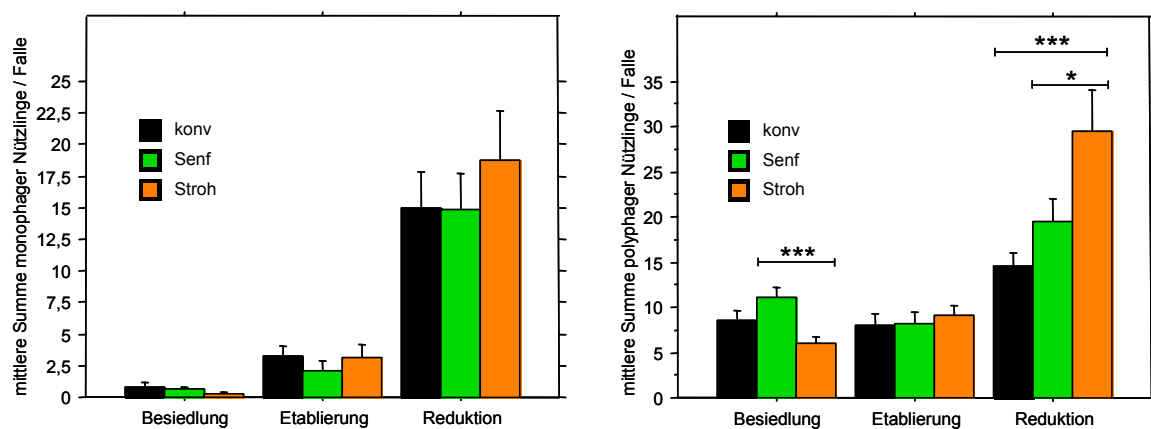
Im zweiten Clip-Cage-Versuch, 1999 in Erbse, fehlte die Zwischenfruchtvariante. Wie im Vorjahr in der Ackerbohne wurden auch in Erbse in der „Strohmulch“-Variante mehr Larven pro Imago abgesetzt als in „konventionell“ bearbeiteten Parzellen (Abb. 4.35).

Eine Vermehrung der Blattläuse setzte 1999 in beiden Varianten nach 8 Tagen ein. Nach 14 Tagen war jedoch 1999 ein Abwärtstrend in der Vermehrung zu verzeichnen, während die Reproduktion 1998 auch nach 3 Wochen noch einer Aufwärtskurve folgte.

Die Entwicklung der Läuse verlief in beiden Versuchsjahren jeweils in allen Varianten synchron.

## 4.2 Blattlaus-Antagonisten

Die Blattlaus-Antagonisten lassen sich in zwei große Gruppen unterteilen: die monophagen und die polyphagen Prädatoren, daneben spielen auch entomophage Pilze und Parasitoide eine Rolle. Monophage und polyphage Räuber zeigten eine unterschiedliche Phänologie. Während die monophagen Prädatoren erst im Laufe der Blattlausentwicklung verstärkt auftraten (Abb. 4.36 links u. Kap. 4.2.1), waren die polyphagen Prädatoren gleich zu Jahresbeginn auf der Fläche zu finden. Das verstärkte Vorkommen in der Variante mit Zwischenfrucht lässt darauf schließen, dass die Tiere direkt im Bestand überwintert haben (Abb. 4.36 rechts u. Kap. 4.2.2). Die monophagen Blattlaus-Antagonisten waren vor allem dort zu finden, wo sie ihre Beute vorfanden, d.h. in der Variante, in der die meisten Blattläuse auftraten. Bei den polyphagen Blattlaus-Räubern verhielt es sich ähnlich, sie wurden aber zusätzlich durch das Mulchen gefördert.



**Abb. 4.36:** Bodenphotoelektoren 1998 in Ackerbohne: Anzahl monophage und polyphage Blattlausprädatoren, gegliedert nach Besiedlungsphasen der Blattläuse

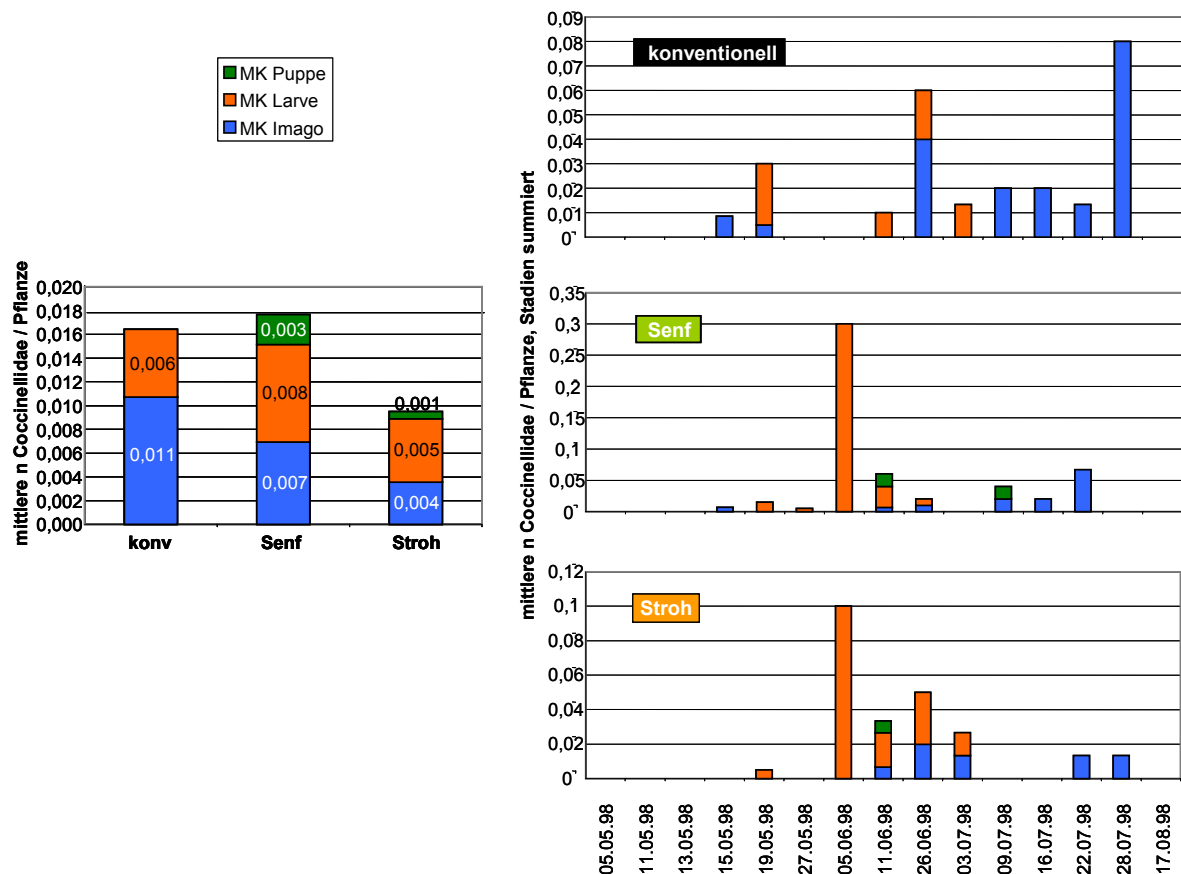
### 4.2.1 Monophage Blattlausprädatoren

Abundanzen von monophagen Blattlausprädatoren wurden vor allem mit Hilfe von Sichtbonituren, Saugfallen (s. auch Kap. 4.1.3.7) und Gelbfangschalen, teilweise aber auch mit Bodenphotoelektoren, ermittelt.

Unter den speziellen Blattlausantagonisten traten vor allem **Marienkäfer** in hohen Abundanzen auf. Gefunden wurden hauptsächlich die Arten *Coccinella septempunctata* und *Adalia bipunctata*, 1998 auch vereinzelt *Hippodamia variegata*. 1999 kamen noch

*Thea 22-punctata*, der sich jedoch vor allem von Mehltaupilzen ernährt, *Adalia 10-punctata* und *Propylea 14-punctata* hinzu.

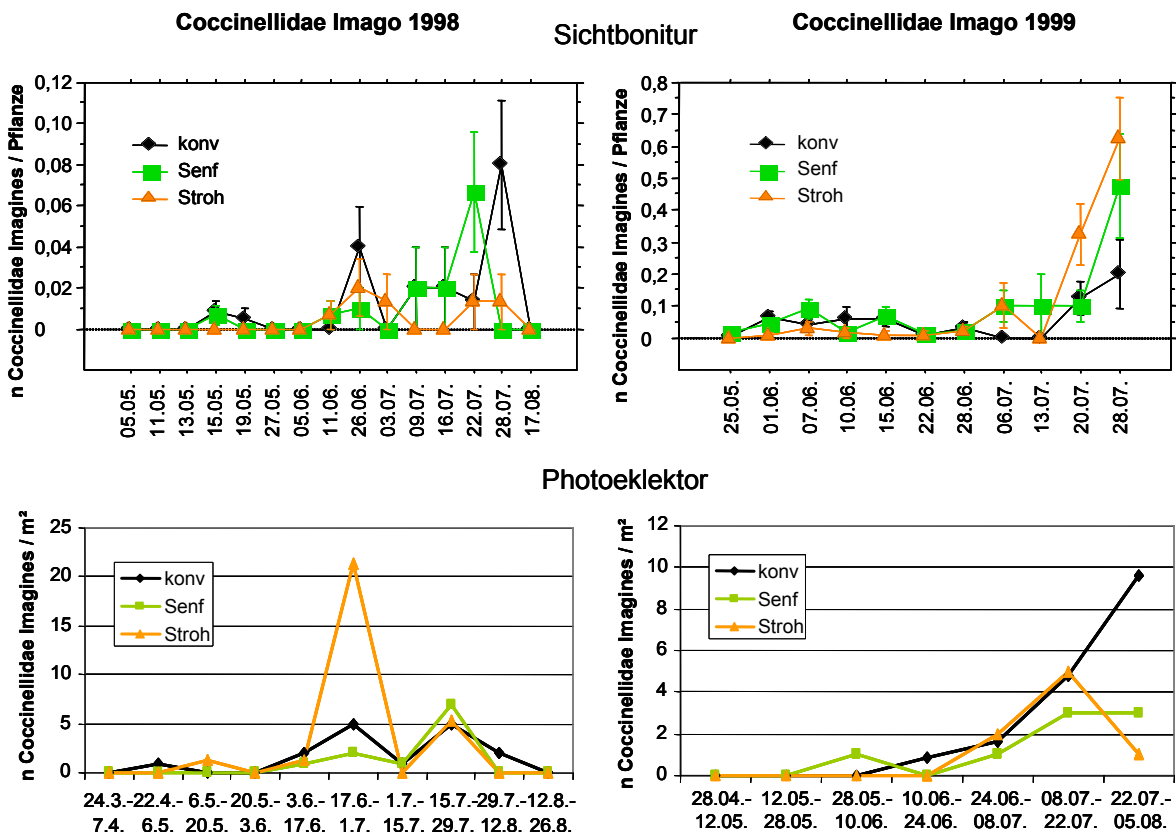
1998 zeigten sich beim Besatz der Pflanzen mit **Marienkäfer-Larven** bei der Sichtbonitur keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten. Larven traten erstmals am 19. Mai, 4 Tage später als die ersten Imagines, auf (Abb. 4.37 rechts). Anfang Juni wurden die meisten Coccinelliden-Larven aber in den Mulchvarianten, vor allem in der Zwischenfrucht, gefunden (Abb. 4.39, oben links). Allerdings fanden sich die meisten **Coccinelliden-Imagines** in der „konventionellen“ Bodenbearbeitungsvariante. Ihre Zahl war in allen 3 Blattlaus-Befallsphasen in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung höher als in den Mulchsaatvarianten, gegenüber „Stroh“ in der „Besiedlungs-Phase“ und auch im Gesamtmittel signifikant höher ( $p < 0,05$ ; Fisher's PLSD). Zwischen „konv“ und „Senf“ waren die Unterschiede allerdings minimal und nicht signifikant. Anfang bis Mitte Juli traten in der Zwischenfrucht die meisten adulten Marienkäfer in Erscheinung (Abb. 4.38a, oben links).



**Abb. 4.37:** Sichtbonitur 1998 in Ackerbohne: Anzahl Marienkäfer (Imago, Larve, Puppe), summierte Darstellung der Stadien in den 3 Varianten, Mittel aller Boniturtermine (links) und Phänologie der Marienkäfer (Imago, Larve, Puppe), summierte Darstellung der Stadien in den 3 Varianten (rechts)

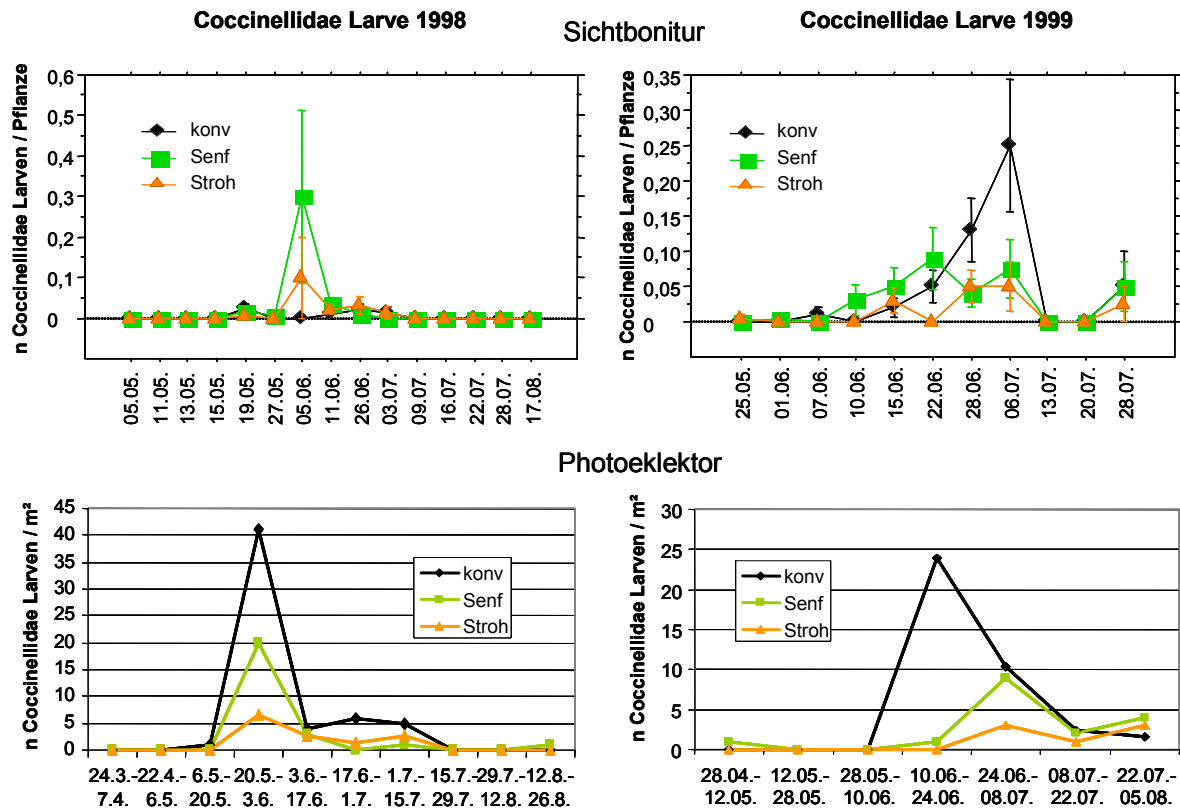
Bei der Sichtbonitur wurden Mitte Mai in der „konventionellen“ und der „Senf“-Variante die ersten Imagines erfasst, Ende Juli die letzten. Im „Stroh“ traten die ersten Imagines

1 Monat später auf (Abb. 4.37 rechts). **Marienkäfer-Puppen** waren 1998 nur in den beiden Mulchsaatvarianten zu finden, im „Senf“ noch etwas mehr als im „Stroh“. Sie traten Mitte Juni bis Anfang Juli in Erscheinung (Abb. 4.37 rechts). Die Unterschiede zwischen „konventionell“ und „Senf“ waren im Mittel aller Boniturtermine signifikant ( $p < 0,05$ ; Fisher's PLSD). Betrachtet man die mittlere Summe aller Stadien pro Pflanze, so kamen bei der Sichtbonitur 1998 im „Senf“ die meisten Marienkäfer vor (Abb. 4.37 links).



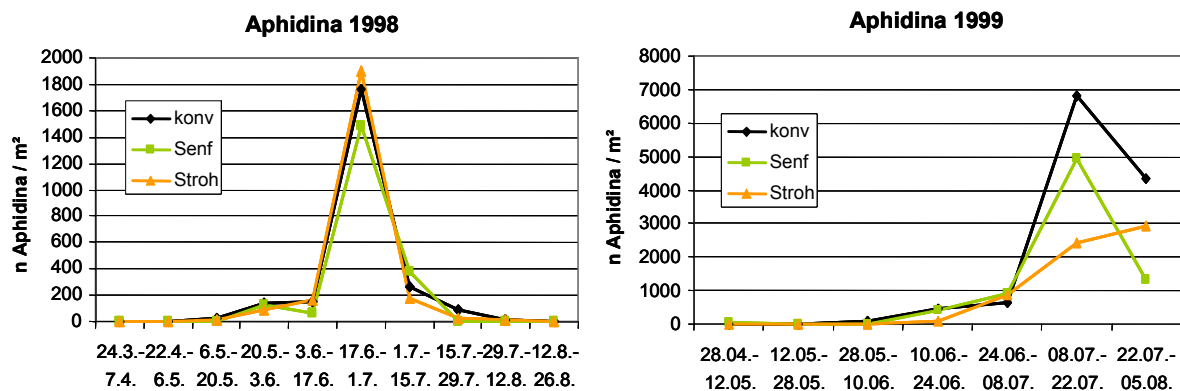
**Abb. 4.38a:** Marienkäfer-Imagines in den 3 Varianten der Ackerbohne; oben: Sichtbonituren 1998 (links) und 1999 (rechts) mit Standardabweichung, unten: Bodenphotoeklektoren 1998 (links) und 1999 (rechts)

Bedient man sich dagegen einer anderen Fangmethode, wie z.B der Bodenphotoeklektoren (Abb. 4.38a, unten links u. 4.38b, unten links), so ergibt sich 1998 ein etwas anderes Bild: Die **adulten Marienkäfer** waren hier zur Zeit des Haupt-Blattlausbefalls Mitte bis Ende Juni hauptsächlich in der „Strohmulch“-Variante zu finden (Abb. 4.38a, unten links), analog zur höchsten Blattlausdichte im „Stroh“ im gleichen Zeitraum (Abb. 4.39, links). Auch 1999 waren die meisten Coccinelliden-Imagines dort zu finden, wo die meisten Aphiden vorhanden waren (Abb. 4.38a, unten rechts u. 4.39, rechts). Auch die Coccinellidae-Abundanzen, die mit Hilfe der Sichtbonitur ermittelt wurden (Abb. 4.38a, oben rechts), sind vergleichbar mit den Blattlaus-Abundanzen pro Pflanze bzw. der Anzahl blattlausbefallener Pflanzen bei der Sichtbonitur 1999 (Abb. 4.19). Sichtbonituren und Bodenphotoeklektoren lieferten aber in beiden Versuchsjahren vergleichbare Ergebnisse.



**Abb. 4.38b:** Marienkäfer-Larven in den 3 Varianten der Ackerbohne; oben: Sichtbonituren 1998 (links) und 1999 (rechts) mit Standardabweichung, unten: Bodenphotoelektoren 1998 (links) und 1999 (rechts)

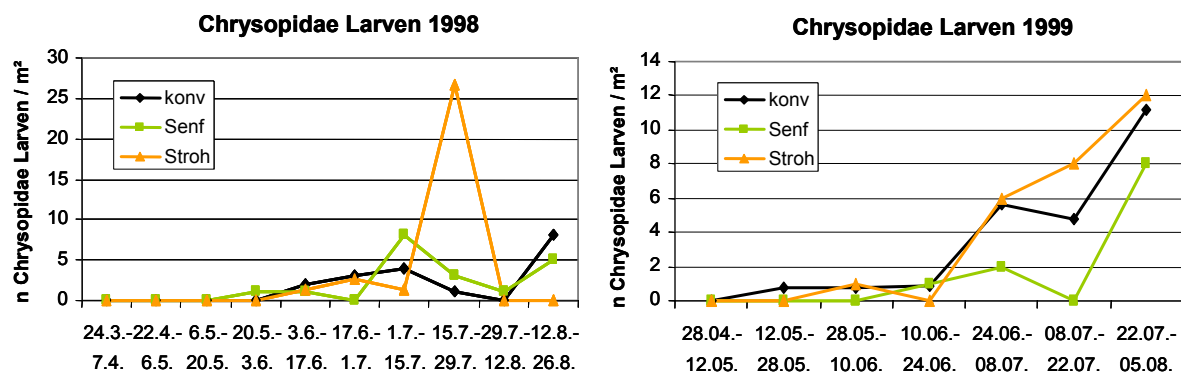
**Marienkäfer-Larven** zeigten sowohl 1998 als auch 1999 in Photoelektor-Fängen einen Peak in der „konventionellen“ Bearbeitungsvariante, der vor demjenigen der Blattläuse und der Marienkäfer-Imagines lag (Abb. 4.38b, unten). Bei der Sichtbonitur 1999 war dieser Peak um einen Monat nach hinten verschoben und fiel genau mit dem Peak der Blattlausentwicklung in diesem Jahr zusammen (Abb. 4.38b, oben rechts). Ansonsten zeigten die Larven-Abundanzen, die mit Hilfe von Sichtbonituren und Photoelektoren ermittelt wurden, im Methodenvergleich einen ähnlichen Verlauf.



**Abb. 4.39:** Blattlaus-Fänge in den 3 Varianten der Ackerbohne; Bodenphotoelektoren; links: 1998, rechts: 1999

Zur besseren Vergleichbarkeit mit den Nützlings-Abundanzen ist noch einmal der Blattlausfang in Bodenphotoeektoren 1998 und 1999 eingefügt (Abb. 4.39), obwohl Eklektoren zur Erfassung von Aphiden nicht die adäquate Methode darstellen. Die Blattlaus-Phänologie, die mit Hilfe von Bodenphotoeektoren ermittelt wurde, war aber sowohl 1998 als auch 1999 vergleichbar mit der wesentlich detaillierteren Sichtbonitur (Abb. 4.14 u. 4.19).

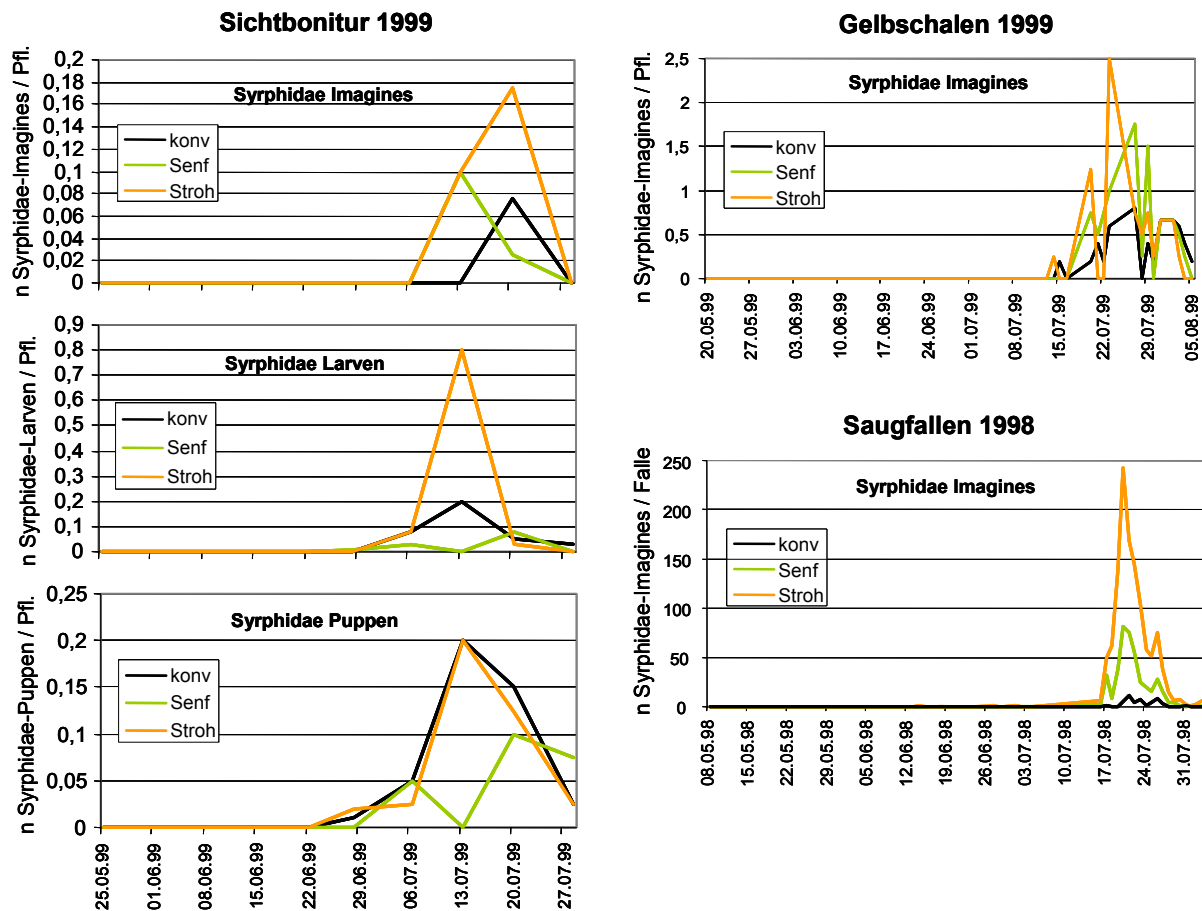
**Florfliegenlarven**, die ebenfalls bei der Reduktion der Blattlausabundanzen eine bedeutsame Rolle spielen können, wurden 1998 sowohl bei den Sichtbonituren als auch in den Eklektorfängen nur vereinzelt gefunden. 1999 traten sie allerdings bei den Sichtbonituren und in Eklektorfängen beinahe in den gleichen Abundanzen auf wie Marienkäferlarven.



**Abb. 4.40:** Phänologie der Florfliegen-Larven in den 3 Varianten der Ackerbohne; Bodenphotoeektoren; links: 1998, rechts: 1999

Als monophage Blattlausprädatoren zeigten auch Florfliegen-Larven eine Abhängigkeit ihrer Verteilung vom Auftreten der Blattläuse (Abb. 4.40 u. 4.39, s. Abb. 4.14 u. 4.19). Sie waren demnach gegen Ende der Saison in der „Reduktions-Phase“ der Blattlausbesiedlung, in der die „Strohmulch“-Variante ihre optische Wirkung verloren hatte und hier die meisten Blattlauskolonien auftraten, in der mit „Stroh“ gemulchten Variante am stärksten vertreten. Florfliegen-Imagines wurden schon von Ende Mai 1999 an bei den Sichtbonituren erfaßt, ihre Larven von Ende Juni bis Anfang Juli. In den Bodenphotoeektoren war zu diesem Zeitpunkt ein Anstieg der Abundanzen zu verzeichnen (Abb. 4.40). 1998 traten die adulten Florfliegen schon einen Monat früher in Erscheinung: In Gelbfangschalen wurden Florfliegen-Imagines schon Ende April gefangen, mit dem Auftreten der ersten Blattlauskolonien, Marienkäfer ein paar Tage später, Anfang Mai.

Etwa ab Mitte Juni traten **Schwebfliegen-Larven** in größerer Anzahl im Ackerbohnen-Bestand auf. Schwebfliegenpuppen wurden 1998 partiell abgesammelt, um im Labor nach dem Schlupf die Imagines zu bestimmen. Es handelte sich hierbei um die Arten *Episyrphus balteatus*, *Epistrophe melanostomoides* und *Spaerophoria scripta*.

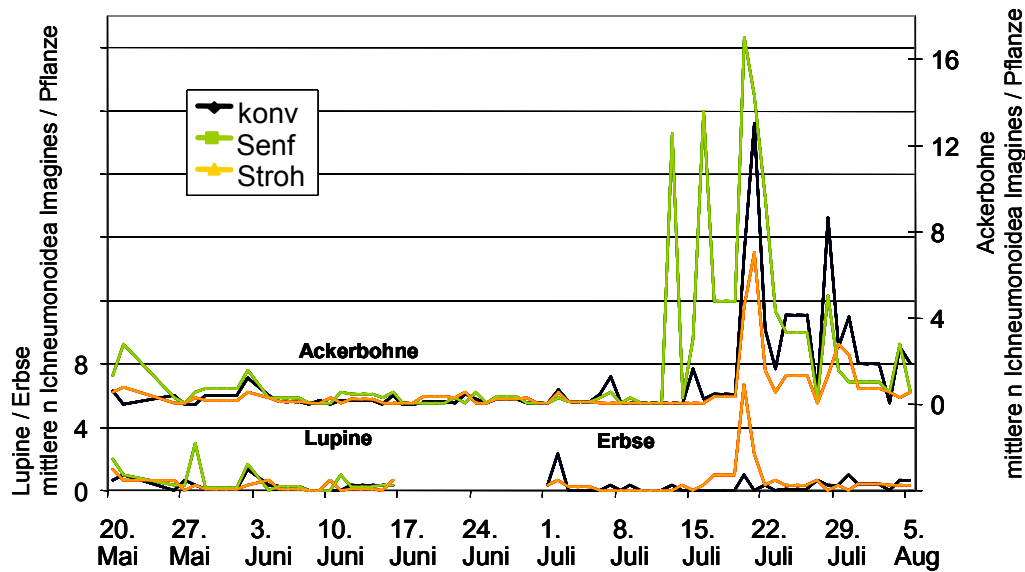


**Abb. 4.41:** Schwebfliegen-Abundanzen in den 3 Varianten der Ackerbohne, mit verschiedenen Methoden und in verschiedenen Jahren ermittelt; links: Sichtbonitur 1999 (Images, Larven, Puppen); rechts oben: Images in Gelbschalen 1999, rechts unten: Images in Saugfallen 1998

Schwebfliegen traten vor allem in den Mulchvarianten auf, insbesondere im „Strohmulch“ (Abb. 4.41) und zwar sowohl Images als auch Larven. Puppen wurden bei der Sichtbonitur 1999 in „Stroh“ und „konv“ gleich häufig gefunden. Images traten erst ab Mitte Juli in höheren Abundanzen in Erscheinung. Die Beobachtungen waren unabhängig vom Versuchsjahr und der Methode.

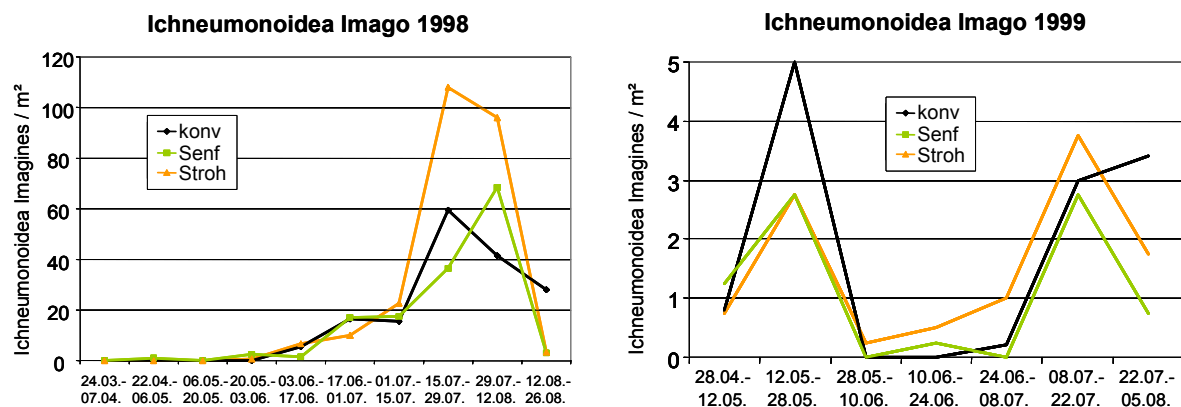
Die Blattläuse-parasitierenden **Schlupfwespen-Images** scheinen, wie die polyphagen Blattlausprädatoren von der Mulchwirtschaft, insbesondere der Zwischenfrucht, gefördert zu werden (Abb. 4.42, Gelbschalen-Fänge zu Beginn des Versuchsjahres 1999 in Ackerbohne und Lupine), traten allerdings gerade zu dem Zeitpunkt verstärkt in der „Senf“-Variante auf, an dem dort auch die meisten Aphiden zu finden waren (vgl. dazu Abb. 4.19), Mitte bis Ende Juli.





**Abb. 4.42:** Phänologie der Schlupfwespen-Imagines in Ackerbohne, Lupine / Erbse; Gelbfangschalen 1999

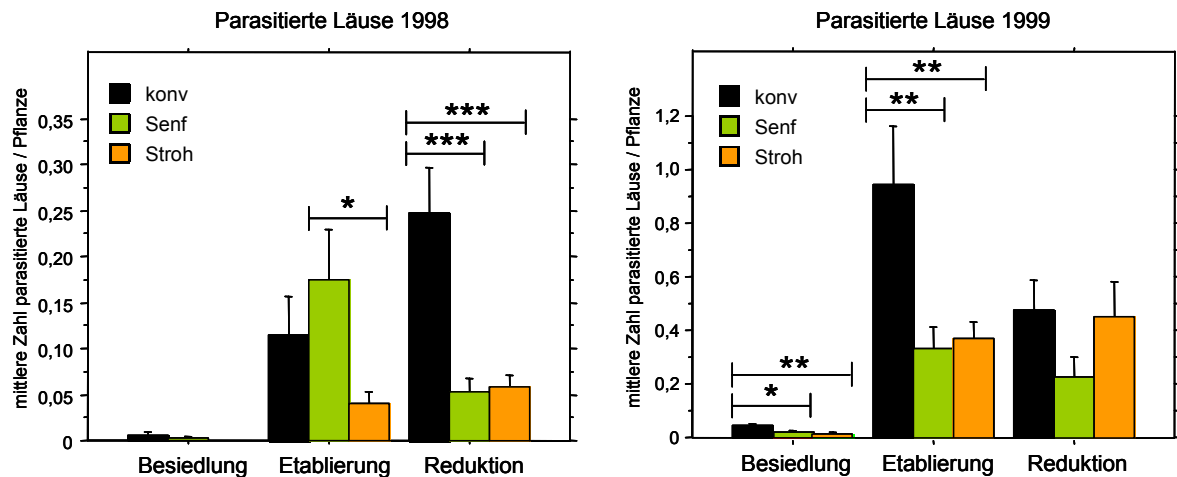
Allerdings war das Ergebnis auch von der gewählten **Fangmethode** abhängig. Die Fänge in Bodenphotoelektoren 1999 (Abb. 4.43), bei denen in 14-tägigen Intervallen gefangen wurde, ergaben ein etwas anderes Bild als die täglichen Fänge der Gelbschalen 1999 (Abb. 4.42).



**Abb. 4.43:** Phänologie der Schlupfwespen-Imagines in Ackerbohne; Bodenphotoelektoren; links: 1998, rechts: 1999

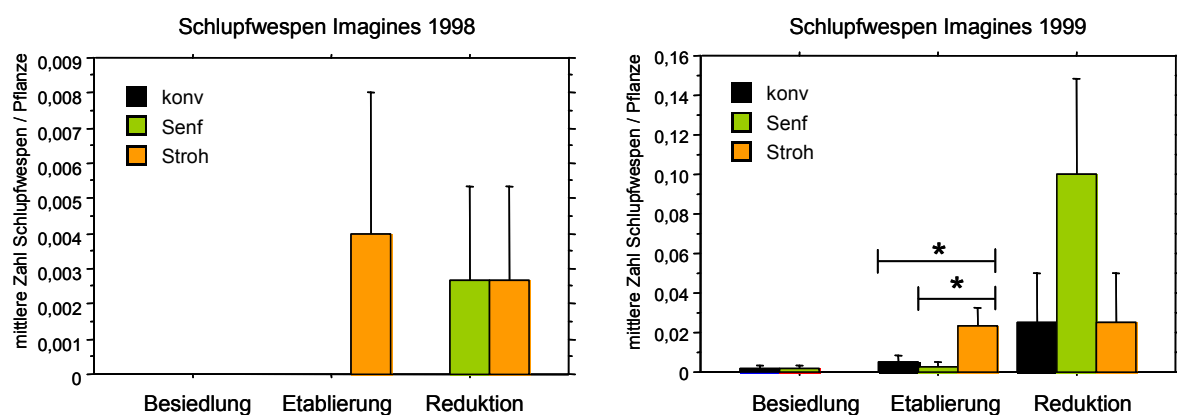
Die Eklektorenfänge zeigten 1999 gerade zu Jahresbeginn hohe Abundanzen der Ichneumonidea in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung, in der die meisten Blattlauskolonien zu finden waren. Zum Höhepunkt der Blattlausbesiedlung Mitte Juli fanden sich die meisten Schlupfwespen nach Photoelektorenfängen in der „Strohmulch“-Variante. Hier waren zu diesem Zeitpunkt in Eklektoren die wenigsten Aphiden zu finden, allerdings trat bei der Sichtbonitur am 20.7. die deutlich höchste Gesamtzahl Blattläuse auf (parasitierte Tiere eingeschlossen, Abb. 4.19). Die Anzahl lebender Läuse war ebenfalls am 20.7. etwas höher als in der „konventionellen“ Variante (Abb. 4.20).

Betrachtet man also die Ergebnisse der Bodenphotoelektoren im Zusammenhang mit der Blattlaus-Sichtbonitur, so zeigten die Schlupfwespen das für monophage Blattlaus-antagonisten typische Verhalten des Verfolgens ihrer Beute, und die Eklektor-Fangzahlen ließen sich auch mit der Parasitierungsrate in Übereinstimmung bringen (vgl. Abb. 4.44).



**Abb. 4.44:** Durch Schlupfwespen parasitierte Blattläuse pro Pflanze in den 3 Varianten der Ackerbohne; nach Blattlaus-Befallsphasen getrennt, Besiedlung: 5.5.-5.6.98, 25.5.-10.6.99, Etablierung: 11.6.-26.6.98, 15.6.-20.7.99, Reduktion: 3.7.-17.8.98, 28.7.99; Sichtbonitur; links: 1998, rechts: 1999; mit Angabe der Standardfehler und Signifikanzen nach Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %

Bei der Sichtbonitur 1998 und 1999 zeigten sich dagegen wie bei Gelbschalen-Fängen 1999 Diskrepanzen zwischen dem Auftreten adulter Schlupfwespen, vor allem in den Mulchvarianten (Abb. 4.45), und der Anzahl parasitierter Blattläuse pro Pflanze, vor allem in „konventioneller“ Bodenbearbeitung (Abb. 4.44).

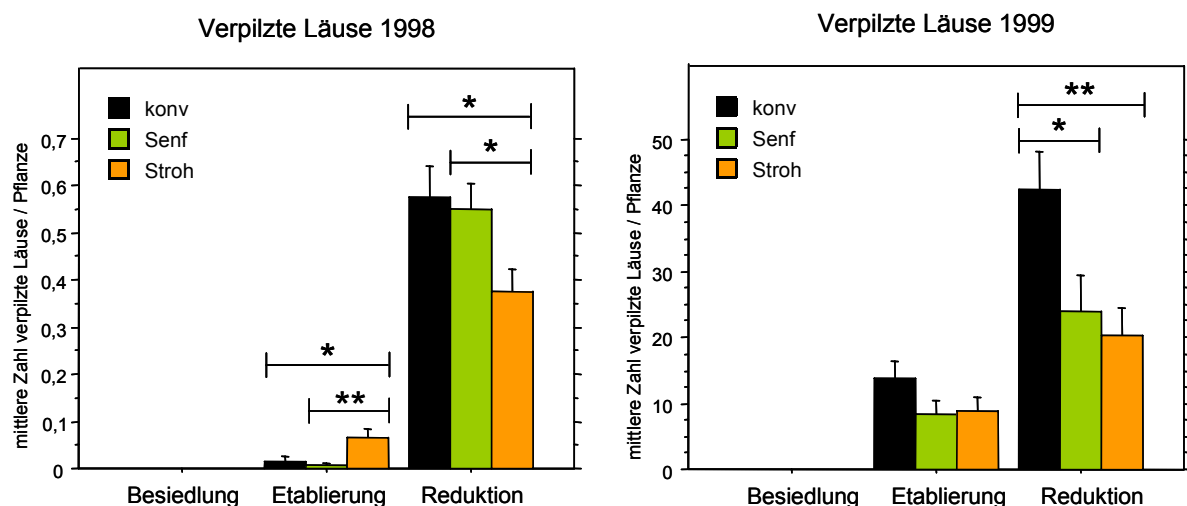


**Abb. 4.45:** Schlupfwespen-Imagines (Ichneumonidae) pro Pflanze in den 3 Varianten der Ackerbohne; nach Blattlaus-Befallsphasen getrennt, Besiedlung: 5.5.-5.6.98, 25.5.-10.6.99, Etablierung: 11.6.-26.6.98, 15.6.-20.7.99, Reduktion: 3.7.-17.8.98, 28.7.99; Sichtbonitur; links: 1998, rechts: 1999; mit Angabe der Standardfehler und Signifikanzen nach Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %

Die Unterschiede zwischen „konventionell“ und den Mulchsaatvarianten waren in den einzelnen Blattlaus-Besiedlungsphasen teilweise hoch bzw. höchst signifikant ( $p < 0,0001$ ), im Mittel aller Termine waren im „konventionellen“ Anbauverfahren höchst signifikant ( $p < 0,001$ ) mehr parasitierte Blattläuse zu finden als in „Senf“ und „Stroh“. Eine Ausnahme bildete die „Etablierungs-Phase“ Mitte bis Ende Juni 1998, wo im „Senf“ die meisten parasitierten Läuse gefunden wurden (Unterschied nicht signifikant). Ebenso traten in der „Reduktions-Phase“ 1999 im „Stroh“ annähernd so viele Parasitierte auf wie in „konv“.

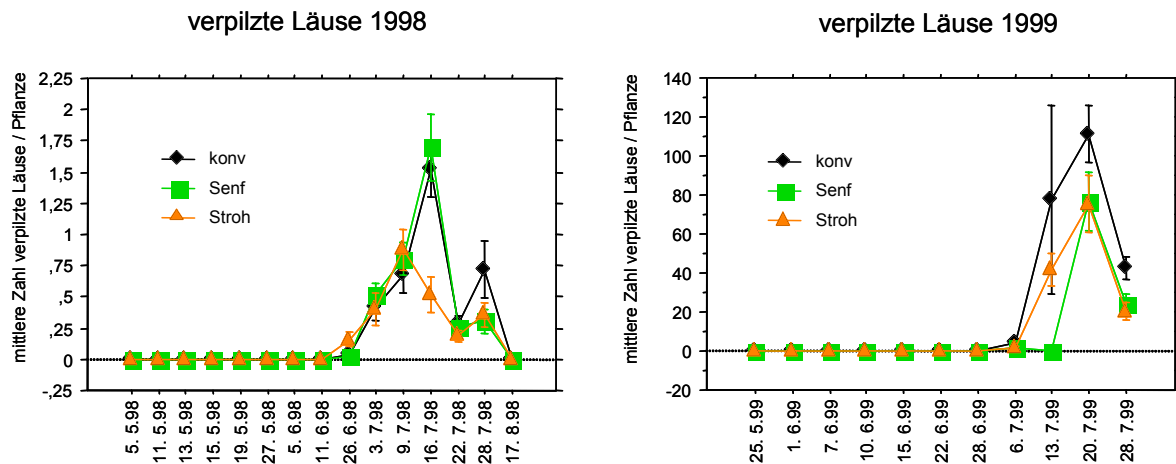
Anhand dieses Beispiels kann man erkennen, inwieweit die Aussage von der gewählten Fangmethode abhängt und wie wichtig eine Kombination verschiedener Methoden ist.

Der Versuch in **Erbse** lässt sich mit der Situation in Ackerbohne kaum vergleichen, da zur Zeit des höchsten Blattlausbefalls in der Ackerbohne in Erbse erst die Erstbesiedlung einsetzte (Abb. 4.42) und somit auch kaum spezielle Blattlausantagonisten wie Schlupfwespen zu finden waren.



**Abb. 4.46:** Von entomophagen Pilzen befallene Blattläuse pro Pflanze in den 3 Varianten der Ackerbohne; nach Blattlaus-Befallsphasen getrennt, Besiedlung: 5.5.-5.6.98, 25.5.-10.6.99, Etablierung: 11.6.-26.6.98, 15.6.-20.7.99, Reduktion: 3.7.-17.8.98, 28.7.99; Sichtbonitur; links: 1998, rechts: 1999; mit Angabe der Standardfehler und Signifikanzen nach Fisher's PLSD, Signifikanzniveau: 5 %

Ein Befall mit **entomophagen Pilzen** scheint dichteabhängig zu sein. Eine Verpilzung trat 1998 insgesamt in der „konventionellen“ und „Senf“-Variante und 1999 in der „konventionellen“ Variante, in der auch in der Summe die meisten Blattläuse zu finden waren, am stärksten auf (Abb. 4.46).



**Abb. 4.47:** Phänologie der von entomophagen Pilzen befallenen Blattläuse in den 3 Varianten der Ackerbohne mit Standardabweichung, Sichtbonitur; links: 1998, rechts 1999

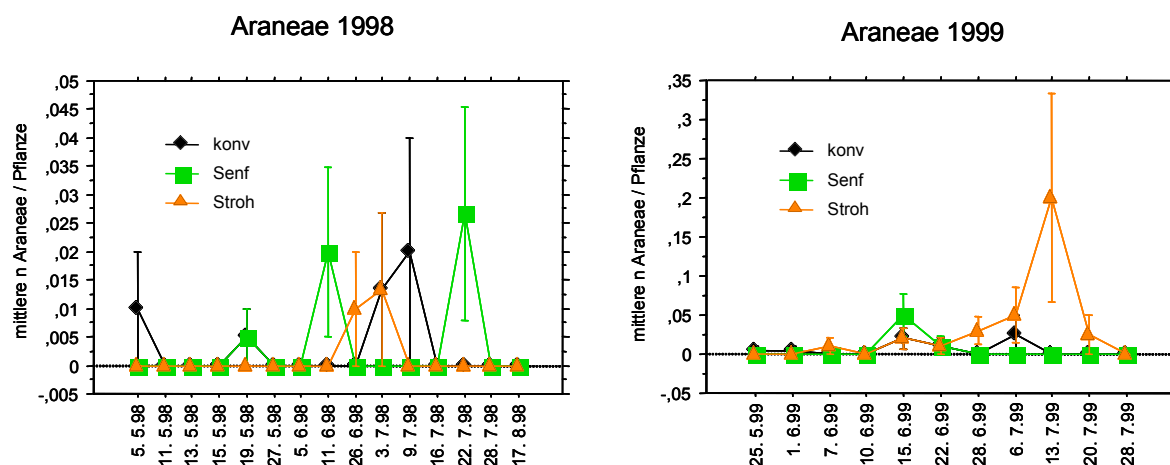
Entomophage Pilze traten wie die übrigen auf Blattläuse spezialisierten Antagonisten (Abb. 4.36 bis 4.45) erst in der zweiten Jahreshälfte, innerhalb der „Reduktions-Phase“ der Blattläuse bzw. schon in geringerer Zahl ab der späten „Etablierungs-Phase“ in Erscheinung (Abb. 4.46 u. 4.47). In der „Besiedlungs-Phase“ der Blattläuse war noch kein Pilzbefall zu verzeichnen. Im Mittel aller Bonitur-Termine war der Grad der Verpilzung 1998 und 1999 in der „konventionellen“ Bodenbearbeitungs-Variante am höchsten. Gegenüber „Stroh“ war der Unterschied 1998 signifikant ( $p < 0,05$ ), 1999 hoch signifikant ( $p < 0,01$ ). Gegenüber „Senf“ waren die Unterschiede 1998 in beiden Phasen nicht signifikant. In der „Reduktions-Phase“ 1999 traten im „konventionellen“ Anbauverfahren auch gegenüber der Zwischenfrucht-Variante „Senf“ signifikant mehr Verpilzte in Erscheinung (Abb. 4.46). In der „Etablierungs-Phase“ 1998 war dagegen der Pilzbefall im „Stroh“ signifikant höher als in der „konventionellen“ Variante. Der Befall mit entomopathogenen Pilzen ist neben der Dichte der Wirtstiere stark abhängig von der Witterung. Erhöhte Feuchtigkeit, wie in den Mulchvarianten 1998, fördert die Verpilzung.

#### 4.2.2 Polyphage Blattlausprädatoren

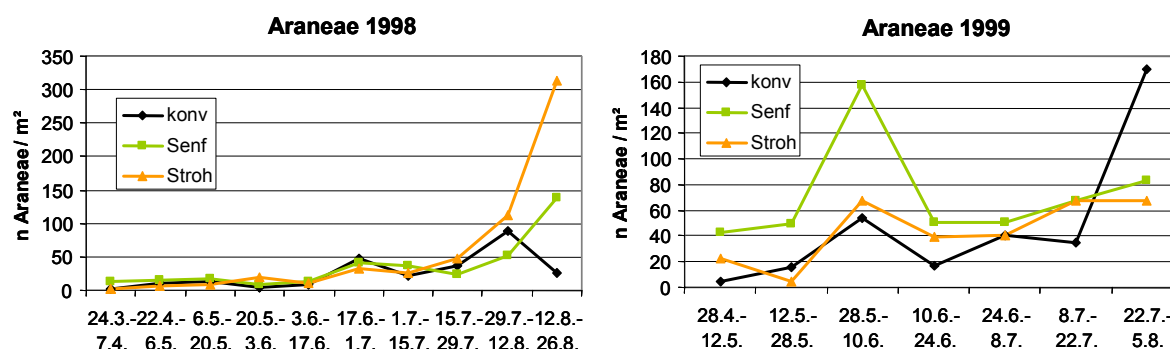
Die Abundanzen von polyphagen Blattlausprädatoren in Ackerbohnen wurden mit Hilfe von Bodenphotoelektoren ermittelt, Spinnen auch bei den Sichtbonituren miterfasst. 1998 lagen die Abundanzen, insbesondere der Carabiden, Staphyliniden und Spinnen, deutlich unter denen des Jahres 1997. 1999 traten die Nützlinge hingegen wieder vermehrt auf (bei etwas geringeren Blattlausabundanzen als 1998).

Polyphage Raubarthropoden scheinen von Mulch, insbesondere der Direktsaat in eine Zwischenfrucht, gefördert zu werden.

Dies gilt insbesondere für die **Spinnen** (Araneae), die in allen Versuchsjahren in der Mulchvariante am häufigsten auftraten: 1997 im „Strohmulch“, 1998 und 1999 in „Senf“ und „Strohmulch“ (Abb. 4.48 u. 4.49).



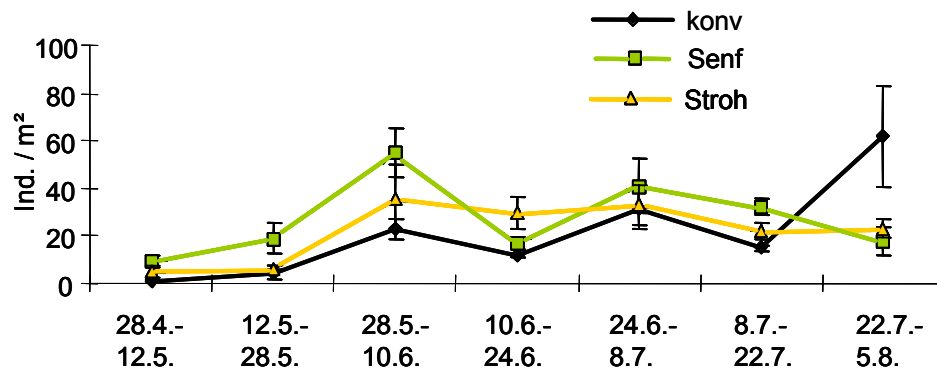
**Abb. 4.48:** Phänologie der Spinnen in den 3 Varianten der Ackerbohne mit Standardabweichung; Sichtbonitur; links: 1998, rechts: 1999



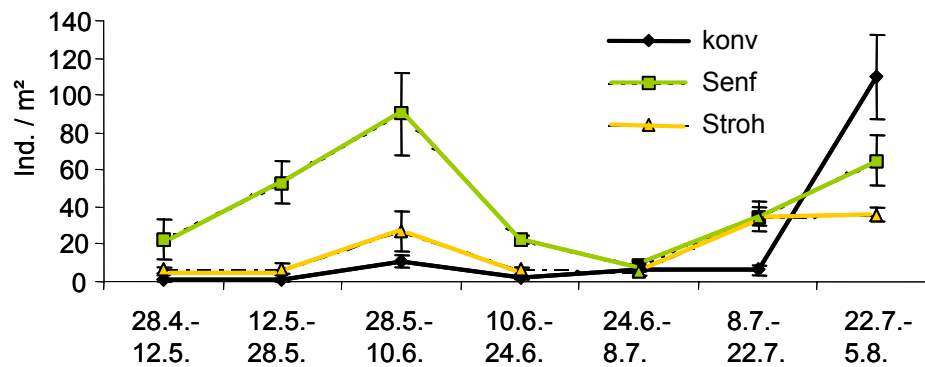
**Abb. 4.49:** Phänologie der Spinnen in den 3 Varianten der Ackerbohne; Bodenphotoelektoren; links: 1998, rechts: 1999

Die Spinnenzönose wurde im Jahr 1999 im Rahmen einer Diplomarbeit, die in das Projekt eingebunden war, näher betrachtet (ZAHIROVIĆ 2002). Wichtige Ergebnisse dieser Arbeit werden im Folgenden auszugsweise vorgestellt.

Die Bestimmung der Spinnen ergab 35 Arten aus 8 Familien. Die weitaus meisten Arten (22) und Individuen (1053 Ind.= 93 %) waren epigäische Spinnen aus der Familie der Linyphiidae. Daneben traten noch die Familien Thomisidae, Theridiidae, Lycosidae, Tetragnathidae, Clubionidae, Araneidae und Salticidae in Erscheinung. Von den insgesamt gefangenen Spinnen waren knapp über die Hälfte juvenil (54,3 %).



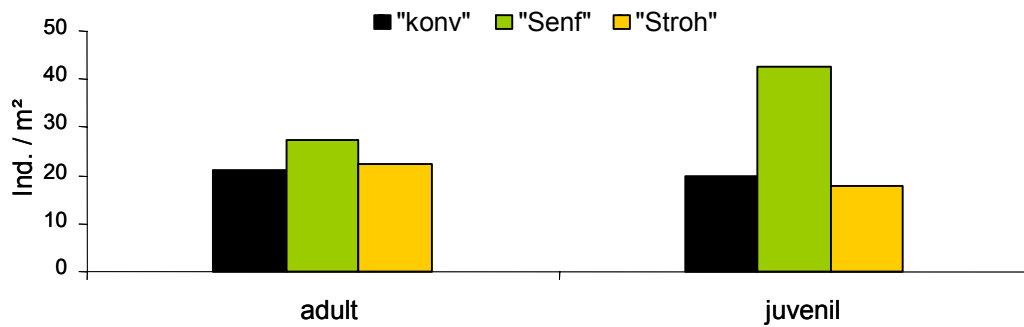
**Abb. 4.50:** Mittlere Abundanzen (Ind./m²) der adulten Linyphiidae pro Variante mit Standardabweichung im Verlauf der Fangperiode, Photoelektor-Fänge 1999 in Ackerbohne



**Abb. 4.51:** Mittlere Abundanzen (Ind./m²) der juvenilen Linyphiidae pro Variante mit Standardabweichung im Verlauf der Fangperiode, Photoelektor-Fänge 1999 in Ackerbohne

Es wurde eine Bevorzugung der „Senf“-Variante deutlich. Hier traten sowohl in Verlauf als auch in der Gesamtabundanz hohe Adulten- (Abb. 4.50 u. 4.52) und besonders hohe Juvenilenzahlen (Abb. 4.51 u. 4.52) auf. Die zweite Mulchvariante („Stroh“) hatte die zweithöchste Spinnenabundanz. „Senf“ hatte mit 2,1 den höchsten Diversitäts-Wert, gefolgt von „konv“ mit 2,0 und „Stroh“ mit 1,9.

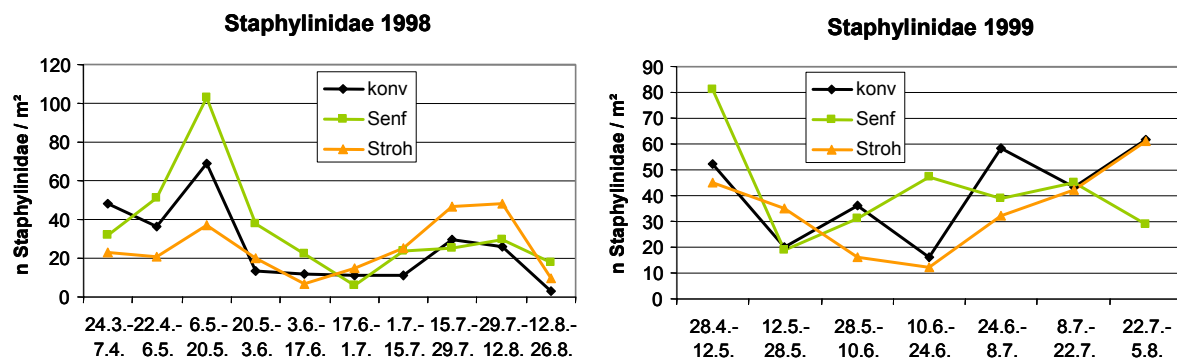
Die Abundanzen der adulten Linyphiidae in den einzelnen Varianten lagen im Bereich von 20 bis 27 Ind./m², mit höchstem Wert in „Senf“ (Abb. 4.52). Die Abundanzen der juvenilen Spinnen in den Varianten „konv“ und „Stroh“ betrugen jeweils etwa 20 Ind./m², „Senf“ überragte mit 42,6 Ind./m². Die Abundanzen in der „konv“-Variante sinken stark, wenn ein auffällig hoher Fangwert einer Parzelle am 7. Termin herausgenommen und durch den Mittelwert der restlichen Parzellen ersetzt wird. Für Adulte betragen die Abundanzen dann 15,1 Ind./m², für Juvenile 13,7 Ind./m².



**Abb. 4.52:** Photoelektor-Fänge 1999: Durchschnittliche Linyphiiden-Abundanzen pro Variante, gemittelt aus allen Terminen, getrennt in adult und juvenil

Die Unterschiede zwischen den Varianten bezüglich der adulten Spinnen waren nicht signifikant. Ein höchst signifikanter Unterschied (Mann Whitney U-Test) trat jedoch bei den juvenilen Linyphiidae zwischen den Varianten „konv“ und „Senf“ ( $p=0,001$ ), ein signifikanter zwischen „Senf“ und „Stroh“ ( $p=0,012$ ) auf.

Ähnlich verhält es sich auch bei den **Staphyliniden** (Kurzflügelkäfer) (Abb. 4.53). Die in allen Versuchsjahren am häufigsten vorkommende Gattung war *Tachyporus* spp. mit den Arten *T. obtusus*, *T. hypnorum*, *T. chrysomelius*, *T. nitidulus* und *T. solutus*. 1997 trat zudem die Art *Tachinus signatus* vermehrt auf. Im ersten Versuchsjahr 1997 waren bei beiden Feldfrüchten die Gesamtsummen der Staphyliniden in der „Stroh“-Variante erhöht. 1998 waren die Staphyliniden in der Feldfrucht Ackerbohne im „Senf“ am individuenreichsten (Abb. 4.53, links), in der Lupine waren die Zahlen der „konventionellen“ Variante etwas höher, die Unterschiede aber bei hohem Gesamtniveau insgesamt gering.

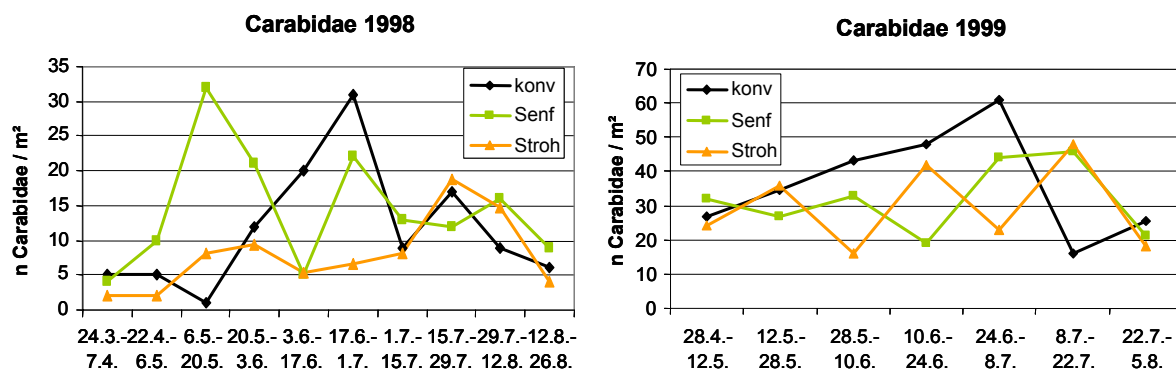


**Abb. 4.53:** Bodenphotoelektoren 1998 (links) und 1999 (rechts): Staphylinidenfang in den 3 Varianten der Ackerbohne

*Tachyporus* spp. war in den „Stroh“-Varianten beider Feldfrüchte am stärksten vertreten. Es ist bekannt, dass die Staphyliniden-Arten der Gattung *Tachyporus* blattlausreduzierend wirken. Dies konnte auch durch Laborversuche bestätigt werden. In allen Versuchsjahren zeigte sich, dass Staphyliniden der Unterfamilie Tachyporinae durch Mulchsaat begünstigt werden. 1999 schien „Senf“ die günstigste Variante zu sein (Abb. 4.53, rechts). Allerdings

zeigte sich hier, dass die Tachyporinae als Blattlausfresser offenbar, wie die monophagen Prädatoren, ihrer Beute folgen. Die anfänglich hohe Besiedlung der „Senf“-Variante lässt darauf schließen, dass die Staphyliniden in der Zwischenfrucht überwinterten und dann in die Parzellen mit „konventioneller“ Bodenbearbeitung und „Strohmulch“ einwanderten, in denen besonders hohe Blattlausdichten bestanden (Abb. 4.19). Direkt nach der Überwinterung, in der „Besiedlungs-Phase“ der Blattläuse, waren die Staphyliniden 1998 und 1999 in der Zwischenfrucht „Senf“ am stärksten vertreten. Der Unterschied zwischen „Senf“ und „konv“ war 1999 signifikant, 1998 lediglich zwischen „Senf“ und „Stroh“ ( $p < 0,05$ ). In der „Etablierungs-Phase“ waren im „Senf“ ebenfalls noch geringfügig (n.s.) mehr Staphyliniden als in „konv“ und „Stroh“ zu finden. In der „Reduktions-Phase“ wurden die meisten Kurzflügelkäfer 1998 dann in der „Strohmulch“-Variante gefangen (signifikanter Unterschied zu „konv“), im „Senf“ aber immer noch mehr als in „konventioneller“ Bodenbearbeitung. 1999 waren die Staphyliniden-Zahlen im Vergleich zu „konventioneller“ Bodenbearbeitung in der „Reduktions-Phase“ im „Senf“ signifikant ( $p < 0,05$ ) reduziert, im „Stroh“ angenähert.

Häufige **Carabiden**-(Laufkäfer-)Arten, die eine Rolle als Blattlausantagonisten spielen können, waren in allen Versuchsjahren *Bembidion tetracolum*, *Bembidion quadrimaculatum*, *Bembidion lampros*, *Poecilus cupreus*, *Harpalus aeneus*, *Clivina fessor*, *Pterostichus melanarius* und *Amara* spp. Laufkäfer traten allerdings vermehrt in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung auf (Abb. 4.54). Dies könnte mit dem erhöhten Raumwiderstand in den Mulchvarianten zusammenhängen, der sich negativ auf die epigäisch jagenden Carabiden auswirken könnte.



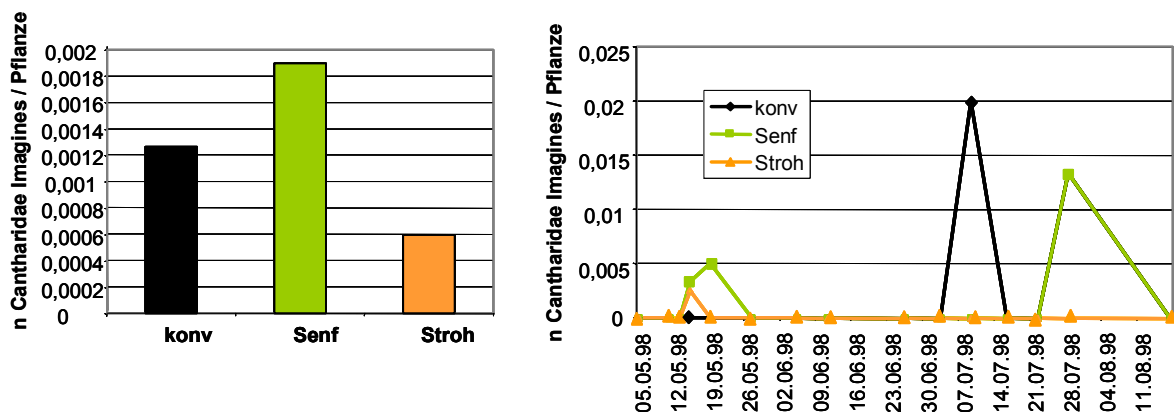
**Abb. 4.54:** Bodenphotoelektoren 1998 (links) und 1999 (rechts): Carabiden in den 3 Varianten der Ackerbohne

Aber auch die Carabiden zeigten ein ähnliches Verhalten im Jahreszyklus wie die Staphyliniden: Direkt nach der Überwinterung der Tiere, in der „Besiedlungs-Phase“ der Blattläuse, wurden sowohl 1998 als auch 1999 signifikant ( $p < 0,05$ ) erhöhte Carabiden-Dichten in der Zwischenfrucht gefunden. In der „Etablierungs-Phase“ waren die Laufkäfer-Abundanzen dann in beiden Mulchsaatsystemen gegenüber „konventioneller“ Bodenbearbeitung teilweise signifikant (s. Tab. 4.83a-d) reduziert, um zu Beginn der

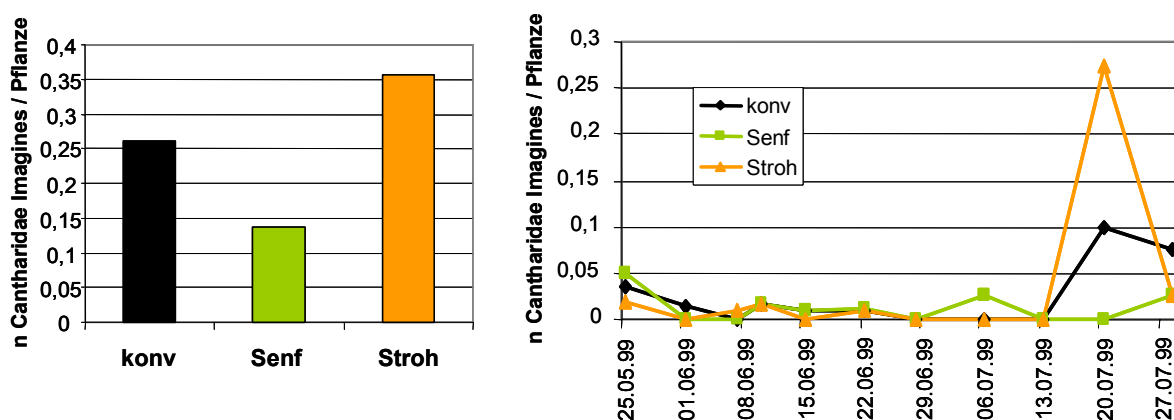


„Reduktions-Phase“ gegenüber „konv“ wieder anzusteigen. 1999 war die Carabiden-Dichte in „Senf“ und „Stroh“ in dieser Zeit sogar hoch signifikant ( $p < 0,01$ ) gegenüber „konv“ erhöht. Später näherten sich die Werte an.

**Canthariden** (Weichkäfer) wurden von beiden Mulchsystemen gefördert (Abb. 4.55 u. 4.56). Vor allem zum Jahresbeginn waren die meisten Cantharidae-Imagines in der Zwischenfrucht-Variante zu finden. Im weiteren Jahresverlauf bevorzugten sie, vor allem 1999, „Senf“ und „Stroh“ vor der „konventionellen“ Bodenbearbeitung und waren zum Ende des Jahres dort zu finden, wo die höchste Aphidendichte herrschte. Die Unterschiede waren allerdings 1998 und 1999 nicht signifikant.



**Abb. 4.55:** Sichtbonitur 1998: Anzahl Weichkäfer-Imagines in den 3 Varianten der Ackerbohne, Mittel aller Boniturtermine (links) und Phänologie der Weichkäfer-Imagines in den 3 Varianten der Ackerbohne (rechts)



**Abb. 4.56:** Sichtbonitur 1999: Anzahl Weichkäfer-Imagines in den 3 Varianten der Ackerbohne, Mittel aller Boniturtermine (links) und Phänologie der Weichkäfer-Imagines in den 3 Varianten der Ackerbohne (rechts)

### 4.3 Pflanzenentwicklung

Die Zwischenfrucht Senf entwickelte 1998 und 1999 unterschiedliche Biomasse. Während aufgrund schlechter Wachstumsbedingungen im Herbst 1997 die Senfpflanzen relativ klein (ca. 10 cm hoch) blieben und früh durch Frost abstarben, war die Zwischenfrucht im Versuchsjahr 1999 gut entwickelt. Der Herbst / Winter 1998 / 1999 war relativ feucht und mild, so dass die Senfpflanzen eine Höhe von ca. 30 cm erreichten und im Frühjahr durch das Herbizid 'ROUNDUP' abgetötet werden mussten.

#### 4.3.1 Vergleich der Versuchsjahre 1997-2000 in Bezug auf die Pflanzenentwicklung

Die Tabelle 4.43 gibt einen Überblick über die Eckpunkte der Pflanzenentwicklung der Ackerbohnen in den Versuchsjahren 1997 bis 2000. Dargestellt ist vor allem die Einteilung in Pflanzenentwicklungsphasen (Phase I bis IV und Ernte), die für die Betrachtung des Mikroklimas im Bestand relevant waren.

**Tab. 4.43:** Übersicht der Eckpunkte der Pflanzenentwicklung der Ackerbohnen in den Versuchsjahren 1997-2000

		PHASE I		PHASE II	PHASE III	PHASE IV	
		Aussaat	Auflauf	Pfl.Höhe bis max. 20 cm	Pfl.Höhe bis max. 120 cm	Pfl.Höhe maximal	Ernte
1997	Datum	10.4.	30.4.	1.5.-26.5.	27.5.-29.6.	30.6.-21.8.	26.8.
	EC	0	9	10-25	26-67	67-93 (bis 213 cm)	89-97
1998	Datum	17.4.	3.5.	5.5.-25.5.	26.5.-26.8.	---	26.8.
	EC	0	9	10-33	34-89	---	89-97
1999	Datum	20.4.	1.5.	2.5.-26.5.	27.5.-12.7.	13.7.-28.7.	9.8.
	EC	0	9	10-25	26-70	71-79 (bis 138 cm)	93-96
2000	Datum	17.4.	25.4.	26.4.-19.5.	20.5.-30.8.	---	30.8.
	EC	0	9	10-31	32-95 (bis 99 cm)	---	94-95

Die Entwicklungsstadien (EC bzw. BBCH) von Kulturpflanzen werden nach den Beschreibungen codiert, wie sie in der BBCH-Monografie 2001 (BBA 2001) festgelegt wurden (s. Kap. 9.3.2 im Anhang).

### 4.3.2 Pflanzenentwicklung 1997

#### 4.3.2.1 Auflaufbonitur 1997

Die Pflanzendichte Ende Juni 1997 war in beiden Kulturen in beiden Anbauvarianten vergleichbar, im „Stroh“ jedoch gegenüber der „konventionellen“ Variante leicht erhöht (Tab. 4.44). Zu diesem Zeitpunkt standen die Pflanzen in Blüte und die Ackerbohnen hatten eine mittlere Höhe von 1,20 m (Abb. 4.57). Die Lupinenpflanzen waren etwa 60 cm hoch (Abb. 4.58). In beiden Kulturen waren die Pflanzen in der „Stroh“-Variante etwas höher als in der konventionellen Bodenbearbeitung.

**Tab. 4.44:** Auflauf 1997: Pflanzendichte in Ackerbohne und Lupine am 30.06.97, Vergleich der beiden Varianten; mittlere Anzahl Pflanzen pro m<sup>2</sup> mit Standardfehler; n = 20 pro Variante

Pfl. / m <sup>2</sup>	konv	Stroh	konv, Stroh mittl. Diff.	p-Wert
<b>Ackerbohne</b>	26,6 ±1,0	27,9 ±0,9	<b>-1,3</b>	0,3551 n.s.
<b>Lupine</b>	29,3 ±1,4	29,5 ±1,2	<b>-0,3</b>	0,8878 n.s.

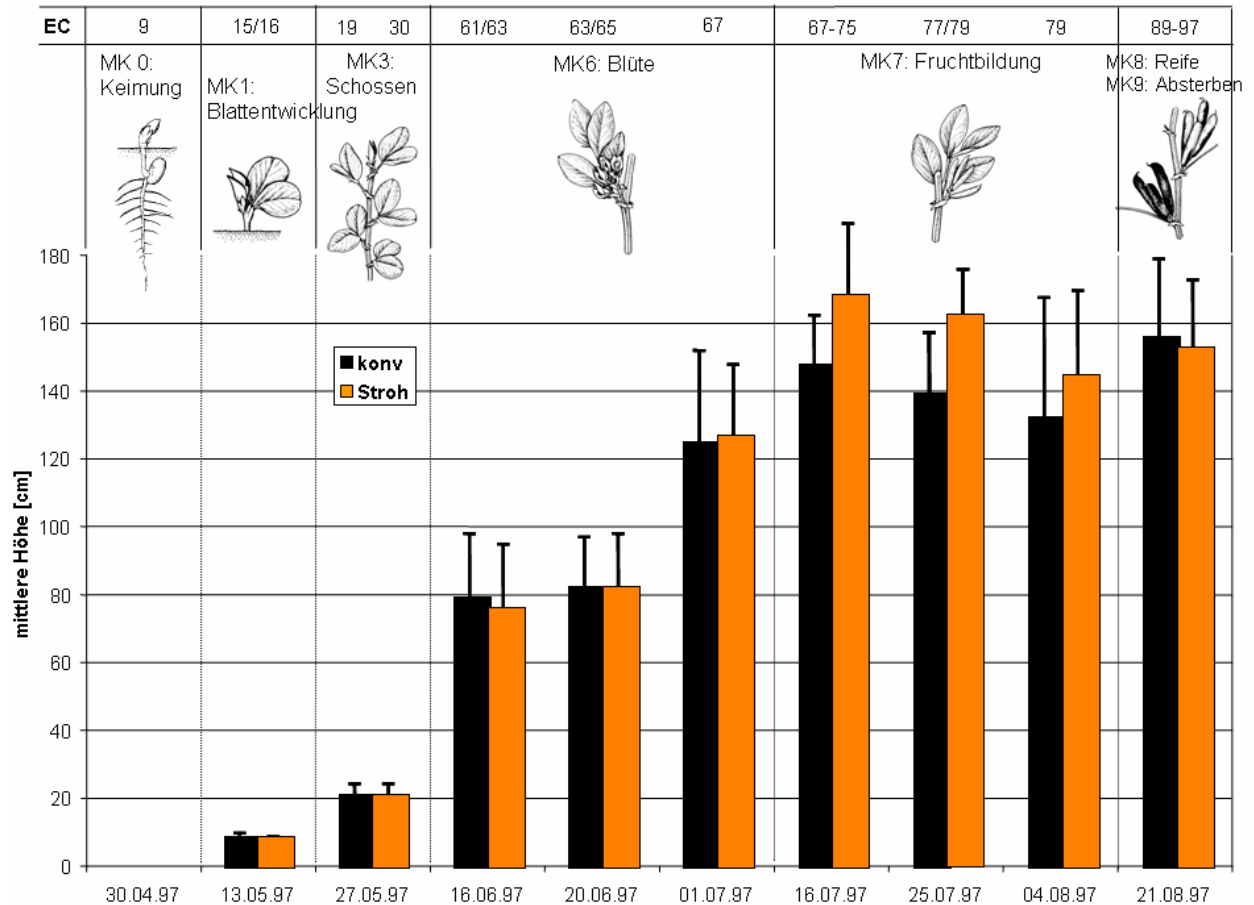
#### 4.3.2.2 Entwicklungsstadium und Wuchshöhe 1997

Die **Entwicklung** der **Ackerbohnen**-Pflanzen war 1997 in der „Strohmulch“-Variante gegenüber der „konventionellen“ Bodenbearbeitung ganz leicht in den ersten 5 Wochen nach Auflaufen der Pflanzen verzögert. Der EC-Wert war aber in beiden Anbauvarianten so gut wie identisch (Tab. 4.45).

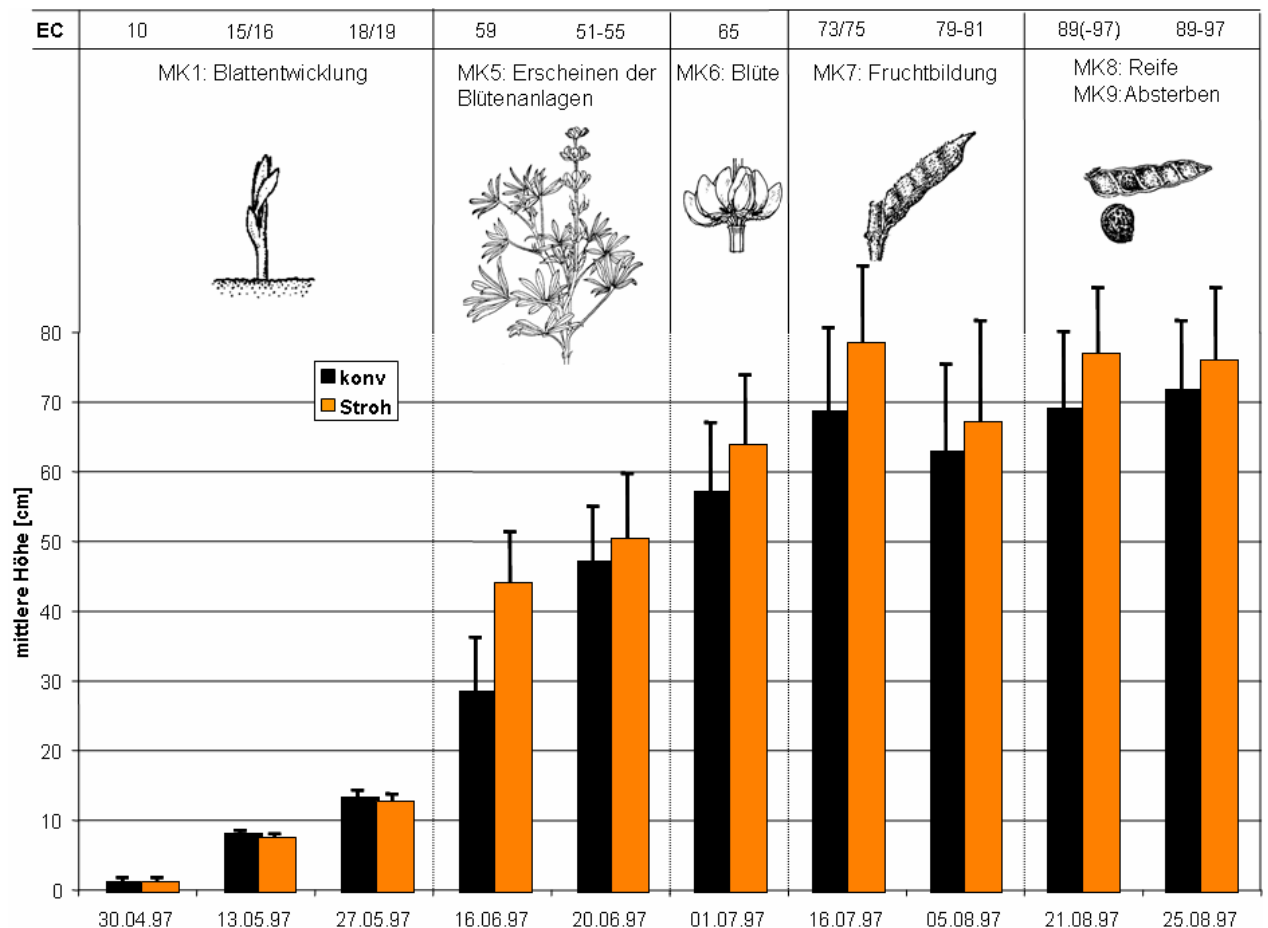
**Tab. 4.45:** Pflanzenentwicklung 1997: Ackerbohne, Lupine; Entwicklungsstadium EC der Pflanzen in den beiden Varianten nach BBCH-Skala und Differenz der EC-Werte von „konv“ und „Stroh“; EC nach BBA (2001), Faba-Bohne, Erbse (Lupine wird dort nicht beschrieben)

Datum	Ackerbohne EC			Lupine EC		
	konv	Stroh	konv-Stroh	konv	Stroh	konv-Stroh
30.04.97	9,03	9,02	0,005	10,02	9,99	0,025
13.05.97	15,51	15,46	0,055	15,48	15,49	<b>-0,010</b>
27.05.97	26,13	26,06	0,075	18,6	18,2	0,425
09.06.97	59,0	58,9	0,120	51,0	50,8	0,200
16.06.97	61,7	62,1	<b>-0,450</b>	58,8	58,9	<b>-0,047</b>
20.06.97	63,7	63,9	<b>-0,190</b>	55,1	53,0	2,107
01.07.97	66,5	66,6	<b>-0,150</b>	65,1	65,5	<b>-0,350</b>
16.07.97	75,4	66,1	9,257	73,6	74,2	<b>-0,523</b>
25.07.97	78,5	78,0	0,440	-	-	-
04.08.97	78,5	78,4	0,103	79,5	80,0	<b>-0,427</b>
21.08.97	92,6	92,0	0,520	90,8	90,6	0,180
25.08.97	-	-	-	92,1	91,8	0,340

Die mittlere **Wuchshöhe** der Ackerbohnenpflanzen (Abb. 4.57) war dementsprechend in den mit „Stroh“ gemulchten Parzellen zunächst bis Mitte Juni (Vollblüte) gegenüber der „konventionellen“ Variante etwas geringer. Ab Anfang Juli (abgehende Blüte) bis zur beginnenden Reife Mitte August waren die Pflanzen in der „Stroh“-Variante dann aber bis zu 23 cm größer als in ungemulchten Parzellen.



**Abb. 4.57:** Pflanzenentwicklung 1997: Ackerbohne; mittlere Wuchshöhe mit Standardabweichung in cm in den beiden Varianten „konv“ und „Stroh“ mit mittlerem EC, Pflanzenbilder aus BBA (2001), Faba-Bohne



**Abb. 4.58:** Pflanzenentwicklung 1997: Lupine; mittlere Wuchshöhe mit Standardabweichung in cm in den beiden Varianten „konv“ und „Stroh“ mit mittlerem EC, Pflanzen-Bilder aus ROTHMALER (1990)

Ähnlich verhielt es sich im gleichen Jahr in **Lupine**. Hier blieb das **Entwicklungsstadium** der Pflanzen in der „Strohmulch“-Variante während der ersten 6,5 Wochen nach Auflaufen der Lupinen, bis Ende Juni, leicht hinter demjenigen in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung zurück (Tab. 4.45). Was die Wuchshöhe betrifft, so überragten die Lupinenpflanzen in der „Strohmulch“-Variante diejenigen in den „konventionellen“ Parzellen schon ab Mitte Juni bis zur Ernte Ende August (Abb. 4.58) im Mittel um bis zu 15 cm. Die „Strohmulch“-Schicht zeigte somit in Lupine 2 Wochen eher als in Ackerbohne eine wachstumsfördernde Wirkung.

#### 4.3.2.3 Ernte 1997

1997 war die **Zahl der geernteten Hülsen** in den mit „Stroh“ gemulchten **Ackerbohn**en-Parzellen geringfügig höher als in ungemulchten Parzellen. Die Unterschiede waren nicht signifikant (n.s.). Die geernteten Pflanzen waren dagegen in der „Stroh“-Variante im Mittel um 2,8 cm kleiner als die „konventionell“ angebauten (n.s.) (Tab. 4.46).

**Tab. 4.46:** Ernte 1997, 26.8.97: Ackerbohne; Vergleich verschiedener Ernteparameter (Pflanzenhöhe [cm], EC und Anzahl Hülsen) in „konv“ und „Stroh“; Mittelwerte von 200 Pflanzen je Variante, insges. 400 Pflanzen; mit Angabe des Standardfehlers; Berechnung der Signifikanzwerte nach Fisher's PLSD, Signifikanzniveau 5 %

	konv	Stroh	konv, Stroh mittl. Diff. : p-Wert	
Pfl. Höhe [cm]	156,4 ±1,6	153,6 ±1,3	2,8	0,1810 n.s.
EC	92,6 ±0,3	92,04 ±0,3	0,5	0,2237 n.s.
n Hülsen	17,9 ±0,5	18,0 ±0,5	<b>-0,03</b>	0,9719 n.s.

In der **Lupinen**-Kultur verhielt es sich umgekehrt: Hier wurden in der „Stroh“-Variante signifikant weniger Hülsen geerntet als in „konventionell“ bearbeiteten Parzellen ( $p < 0,05$ , Fisher's PLSD). Die in „Stroh“-Parzellen geernteten Lupinenpflanzen waren jedoch höchst signifikant ( $p < 0,0001$ ) größer als die auf ungemulchten Flächen geernteten (Tab. 4.47).

**Tab. 4.47:** Ernte 1997, 26.8.97: Lupine; Vergleich verschiedener Ernteparameter (Pflanzenhöhe [cm], EC und Anzahl Hülsen) in „konv“ und „Stroh“; Mittelwerte von 200 Pflanzen je Variante, insges. 400 Pflanzen; mit Angabe des Standardfehlers; Berechnung der Signifikanzwerte nach Fisher's PLSD, Signifikanzniveau 5 %

	konv	Stroh	konv, Stroh mittl. Diff. : p-Wert	
Pfl. Höhe [cm]	70,7 ±0,7	75,7 ±0,7	<b>-5,04</b>	<0,0001 ***
EC	91,8 ±0,3	91,5 ±0,3	0,3	0,4288 n.s.
n Hülsen	23,9 ±0,9	21,4 ±0,7	2,6	0,0319 *

Das Entwicklungsstadium (EC) der geernteten Pflanzen war in Mulch- und ungemulchter Variante so gut wie identisch, in den mit „Stroh“ gemulchten Parzellen allerdings geringfügig niedriger. Die Unterschiede waren nicht signifikant. Da der mittlere EC-Wert (Tab. 4.46 u. 4.47) die Unterschiede im Reifegrad der Körner zwischen „konventioneller“ und „Strohmulch“-Variante nicht genau genug wiedergibt, erfolgt in Tab. 4.48 noch einmal eine detailliertere Betrachtung.

**Tab. 4.48:** Ernte 1997, 26.8.97: Ackerbohne, Lupine; Anteil der hauptsächlich aufgetretenen EC-Werte an der Gesamtzahl aller aufgetretenen EC-Werte in % mit Angabe der Spanne (Min-Max) aller aufgetretenen EC-Werte in einer Variante; 200 Pflanzen je Variante

	konv			Stroh		
	EC	%	Min-Max	EC	%	Min-Max
Ackerbohne	89	38,0	81-97	89	48,5	83-97
	97	48,0		97	40,5	
Lupine	89	64,5	84-97	89	68,5	88-97
	97	35,0		97	31,0	

Bei „konventioneller“ Bodenbearbeitung trat sowohl in Ackerbohne als auch in Lupine eine größere Spanne auf als in den „Strohmulch“-Parzellen, d.h., der Reifegrad war hier

unregelmäßiger. Geht man davon aus, dass bei einem EC-Wert von 89 die beste Erntequalität erreicht wird, so zeigt auch hier die Mulchvariante gegenüber ungemulchten Parzellen in beiden Kulturen das günstigere Ergebnis: Der Anteil des EC 89 war sowohl in Ackerbohne als auch Lupine im „Stroh“ deutlich größer als in „konv“ (Tab. 4.48).

**Tab. 4.49:** Ernte 1997, 26.8.97: Ackerbohne, Lupine; mittleres Gesamterntegewicht [g]: Erntegut von je 50 Pflanzen / Parzelle, insges. 400 Pflanzen; mit Angabe des Standardfehlers; Berechnung der Signifikanzwerte nach Fisher's PLSD, Signifikanzniveau 5 %

mittl. GesErntegewicht [g]	konv	Stroh	konv, Stroh mittl. Diff. : p-Wert	
Ackerbohne	1042,6 ±78,3	1024,6 ±133,9	18,0	0,9114 n.s.
Lupine	445,0 ±88,4	483,5 ±76,8	-38,5	0,7535 n.s.

**Tab. 4.50:** Ernte 1997, 26.8.97: Ackerbohne; Tausendkorngewicht TKG [g] sowie Länge und Breite der Körner [mm]; Mittelwerte aus jeweils 20 Samenkörnern je Wägung, 5 Wägungen je Parzelle, insges. 40 Wägungen; mit Angabe des Standardfehlers; Berechnung der Signifikanzwerte nach Fisher's PLSD, Signifikanzniveau 5 %

	konv	Stroh	konv, Stroh mittl. Diff. : p-Wert	
TKG [g]	433,2 ±5,6	425,1 ±5,3	8,2	0,2938 n.s.
mittl. Länge [mm]	10,6 ±0,03	10,5 ±0,04	0,1	0,2243 n.s.
mittl. Breite [mm]	7,8 ±0,04	7,7 ±0,04	0,1	0,3210 n.s.

Das **mittlere Gesamterntegewicht** (Tab. 4.49) und auch das **Tausendkorngewicht** TKG der Ackerbohnen (Tab. 4.50) war allerdings in der „Strohmulch“-Variante etwas geringer als in „konventioneller“ Bodenbearbeitung (n.s.), in Lupine dagegen höher (n.s.).

#### 4.3.2.4 Unkraut 1997

Die Verunkrautung in den Varianten der **Lupinen**-Kultur wurde 1997 aufgenommen (Tab. 4.51). In ihrer Zusammensetzung kann die Unkrautgemeinschaft als ein Fragment aus der Ordnung der *Aperetalia* (Windhalm-Äcker) angesehen werden. In den Unkrautbeständen trat die sonst aus Hackfruchtgesellschaften bekannte *Echinochloa crus-galli* hervor, auf dieser Fläche sicherlich ein Relikt aus früheren Kulturen auf dem Versuchsfeld.

(Eine Liste der in allen Jahren 1997 bis 2000 aufgetretenen Unkräuter mit ihren EPPO-Codes befindet sich im Anhang (Tab. A4 im Anhang).)

In der Lupine war die Verunkrautung Ende Juli 1997 auf den „konventionell“ behandelten Flächen fast doppelt so dicht (Unkräuter pro m<sup>2</sup>) wie in den Parzellen mit „Strohmulchauflage“ (Tab. 4.51). Allerdings wurden nur 2 Pflanzenarten mehr gefunden.

**Tab. 4.51:** Mittlere Anzahl Unkraut-Pflanzen / m<sup>2</sup>: Lupine; Unkrautbonitur 31.07.1997 (5 Bonituren pro Parzelle, 20 pro Variante)

Art	konv	Stroh
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. B.	3,3	2,7
<i>Plantago intermedia</i> Gilib.	3,9	0,1
<i>Polygonum persicaria</i> L.	2,1	2,0
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve	1,7	0,8
<i>Chamomilla recutita</i> (L.) Rauschert	0,8	0,3
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	0,3	0,7
<i>Viola arvensis</i> MURRAY	0,4	0,1
<i>Vicia spec.</i> L.	0,3	0,1
<i>Polygonum aviculare</i> L.	0,1	0,3
<i>Chenopodium album</i> L.	0,1	0,1
<i>Equisetum arvense</i> L.	1,1	-
<i>Cirsium arvense</i> (L.) SCOP.	0,3	-
<i>Tussilago farfara</i> L.	0,3	-
<i>Rumex acetosa</i> L.	0,3	-
<i>Medicago lupulina</i> L.	0,1	-
<i>Phacelia tanacetifolia</i> BENTHAM	-	0,7
<i>Atriplex patula</i> L.	-	0,3
<i>Poa annua</i> L.	-	0,1
<b>mittlere Summe aller Unkraut-Pflanzen pro m<sup>2</sup></b>	<b>15,1</b>	<b>8,3</b>
<b>Anzahl verschiedener Unkraut-Arten</b>	<b>15</b>	<b>13</b>

### 4.3.3 Pflanzenentwicklung 1998

#### 4.3.3.1 Auflaufbonitur 1998

In **Ackerbohne** war die **Pflanzendichte** in der „Strohmulch“-Variante innerhalb der ersten 3 Wochen nach Auflauf etwas größer als in „konv“ (n.s.), in „Senf“ geringer (n.s.) (Tab. 4.52). Die **Dichte der Lupinenpflanzen** in den gemulchten Parzellen war dagegen im „Stroh“ knapp 4 Wochen ( $p < 0,05$ ), im „Senf“ 3 Wochen lang geringer (n.s.) als in „konventioneller“ Bearbeitung (Tab. 4.53).

**Tab. 4.52:** Auflauf 1998: Pflanzendichte in Ackerbohne am 8.5. und 12.5.98, Vergleich der Varianten; mittlere Anzahl Pflanzen pro m<sup>2</sup> mit Standardfehler; n pro Variante = 10 (je Datum)

Pfl. / m <sup>2</sup>	konv	Senf	Stroh	konv, Senf		konv, Stroh	
				mittl. Diff.	p-Wert	mittl. Diff.	p-Wert
08.05.98	32,9 ±2,2	32,2 ±3,1	34,3 ±2,3	0,7	0,8493 n.s.	-1,4	0,7042 n.s.
12.05.98	34,0 ±2,5	33,3 ±1,8	34,1 ±2,6	0,7	0,8315 n.s.	-0,1	0,9757 n.s.



**Tab. 4.53:** Auflauf 1998: Pflanzendichte in Lupine am 8.5. und 12.5.98, Vergleich der Varianten; mittlere Anzahl Pflanzen pro m<sup>2</sup> mit Standardfehler; n pro Variante = 10 (je Datum)

Pfl. / m <sup>2</sup>	konv	Senf	Stroh	konv, Senf		konv, Stroh	
				mittl. Diff.	p-Wert	mittl. Diff.	p-Wert
08.05.98	44,5 ±3,8	35,3 ±3,0	33,5 ±3,7	9,2	0,0767 n.s.	11,0	0,0365 *
12.05.98	38,9 ±1,9	40,8 ±2,4	34,3 ±2,2	-1,9	0,5446 n.s.	4,6	0,1490 n.s.

#### 4.3.3.2 Entwicklungsstadium und Wuchshöhe 1998

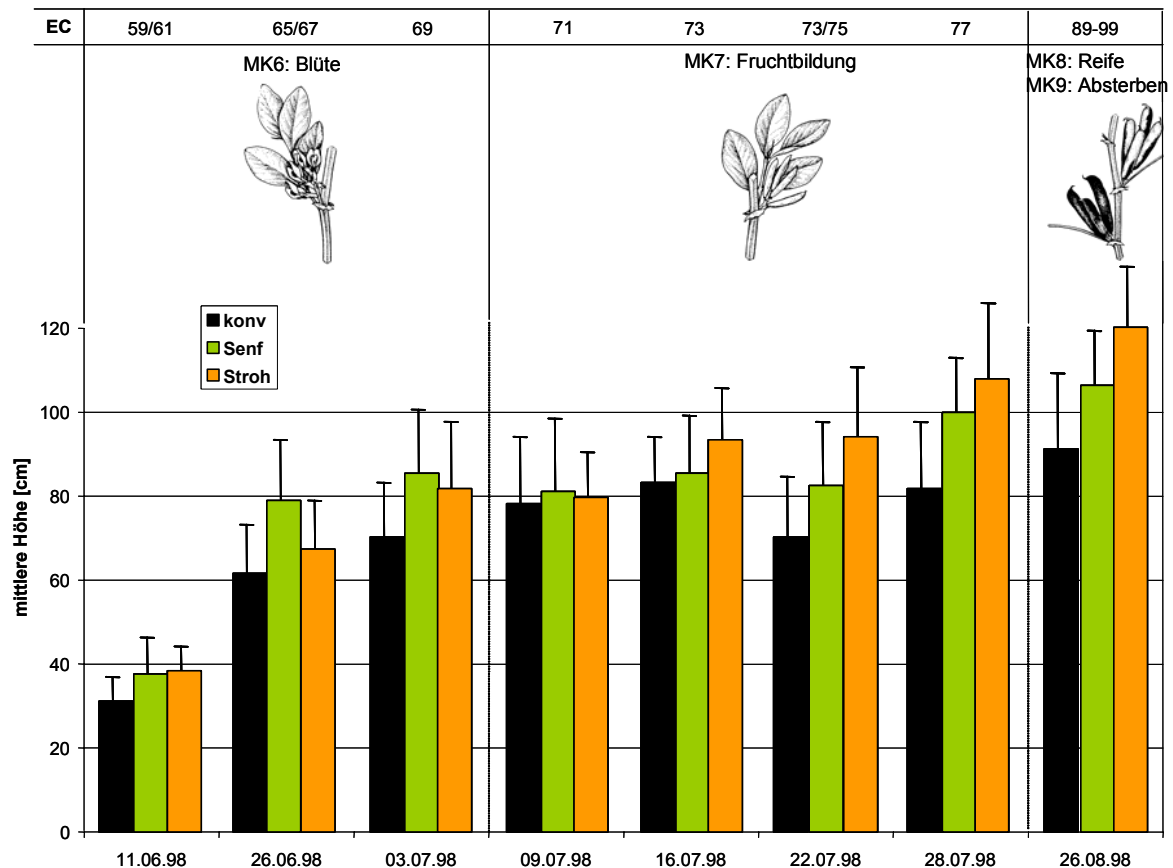
1998 konnte man die leichte **Entwicklungsverzögerung** der **Ackerbohnenpflanzen** in „Stroh“-Parzellen 5 Wochen, im „Senf“ sogar noch knapp 10 Wochen nach Auflauf beobachten (Tab. 4.54), der **Lupinenpflanzen** im „Stroh“ 3 Wochen, im „Senf“ nur die ersten Tage (Tab. 4.55). Die deutlichsten Unterschiede zeigten sich aber in den ersten Tagen.

**Tab. 4.54:** Pflanzenentwicklung 1998: Ackerbohne; Entwicklungsstadium EC der Pflanzen in den 3 Varianten nach BBCH-Skala und Differenz der EC-Werte von „konv“ und „Senf“ bzw. „Stroh“; EC nach BBA (2001), Faba-Bohne

Datum	EC				
	konv	Senf	Stroh	konv-Senf	konv-Stroh
05.05.98	11,9	10,1	10,7	1,8	1,2
29.05.98	35,5	35,6	35,1	-0,1	0,4
08.06.98	61,0	59,0	60,9	2,0	0,1
11.06.98	60,5	60,3	60,3	0,1	0,2
26.06.98	66,2	66,1	66,6	0,1	-0,4
03.07.98	68,4	67,9	68,2	0,4	0,2
09.07.98	71,3	70,1	71,5	1,2	-0,2
16.07.98	72,6	72,4	72,6	0,1	0,0
22.07.98	73,5	72,9	74,7	0,6	-1,3
28.07.98	76,4	77,2	76,8	-0,8	-0,5
17.08.98	84,2	83,8	83,8	0,4	0,5
26.08.98	91,8	92,4	91,3	-0,7	0,5

**Tab. 4.55:** Pflanzenentwicklung 1998: Lupine; Entwicklungsstadium EC der Pflanzen in den 3 Varianten nach BBCH-Skala und Differenz der EC-Werte von „konv“ und „Senf“ bzw. „Stroh“; EC nach BBA (2001), Erbse (Lupine wird dort nicht beschrieben)

Datum	EC				
	konv	Senf	Stroh	konv-Senf	konv-Stroh
05.05.98	12,0	10,5	10,9	1,5	1,0
29.05.98	18,7	18,8	18,3	-0,2	0,3
22.07.98	69,7	69,7	71,3	0,0	-1,6



**Abb. 4.59:** Pflanzenentwicklung 1998: Ackerbohne; Wuchshöhe in cm mit Standardabweichung in den 3 Varianten mit mittlerem EC (Mittel aus „konv“, „Senf“ und „Stroh“), Pflanzenbilder aus BBA (2001), Faba-Bohne

Unterschiede in der **Wuchshöhe** der **Ackerbohnen** zeigten sich 1998 deutlicher als in den übrigen Versuchsjahren. Die Pflanzen in den Mulchsaatvarianten waren von Mitte Juni bis Ende August deutlich größer als in der „konventionellen“ Variante. Die mittleren Größenunterschiede betrugen dabei zwischen „Stroh“ und „konventionell“ bis zu 29 cm, zwischen „konv“ und „Senf“ immer noch bis zu 18 cm. Die Pflanzen in der Zwischenfrucht „Senf“ übertrafen dabei diejenigen der „Strohmulch“-Parzellen nur an 2 Terminen Ende Juni und Anfang Juli, während später im Jahr die Pflanzen der „Stroh“-Variante deutlich größer wurden. Die Unterschiede zwischen gemulchten und ungemulchten sowie zwischen „Senf“ und „Stroh“ waren dabei fast an allen Terminen signifikant (Abb. 4.59). Auch die Bodenfeuchte lag in den mit „Stroh“ und „Senf“ gemulchten Ackerbohnen-Parzellen durchschnittlich um 1 bis 2 % höher als in der „konventionellen“ Variante (Abb. 4.73).

#### 4.3.3.3 Ernte 1998

1998 waren die geernteten **Ackerbohnenpflanzen** in beiden Mulchvarianten „Stroh“ und „Senf“ höchst signifikant ( $p < 0,0001$ ) größer als in den „konventionell“ bearbeiteten Parzellen, im „Stroh“ dabei noch größer als im „Senf“ ( $p < 0,0001$ ): im „Stroh“ waren die

Pflanzen bei der Ernte durchschnittlich um 32 %, im „Senf“ um 17 % höher als in der „konventionellen“ Variante (Tab. 4.56 u. 4.57).

**Tab. 4.56:** Ernte 1998, 26.8.98: Ackerbohne; Pflanzenhöhe [cm], EC, Anzahl Hülsen pro Pflanze und Anteil grüner Hülsen an Gesamt-Hülsenanzahl [%]; Mittelwerte von 200 Pflanzen je Variante, insges. 600 Pflanzen; mit Angabe des Standardfehlers

	konv	Senf	Stroh
Pfl. Höhe [cm]	91,2 ±1,3	106,7 ±0,9	120,0 ±1,05
EC	91,8 ±0,3	92,4 ±0,3	91,3 ±0,3
n Hülsen gesamt	19,8 ±0,5	23,9 ±0,6	24,9 ±0,6
Anteil grüner Hülsen an Gesamt-Hülsenanzahl [%]	4,4	6,5	4,1

**Tab. 4.57:** Ernte 1998: Ackerbohne; Vergleich verschiedener Ernteparameter (Pflanzenhöhe [cm], EC, Anzahl Hülsen gesamt sowie grün) in den 3 Varianten; Berechnung der Signifikanzwerte nach Fisher's PLSD, Signifikanzniveau 5 %

	konv, Senf		konv, Stroh		Senf, Stroh	
	mittl. Diff.	p-Wert	mittl. Diff.	p-Wert	mittl. Diff.	p-Wert
Pfl. Höhe [cm]	-15,5	<0,0001 ***	-28,8	<0,0001 ***	-13,3	<0,0001 ***
EC	-0,7	0,1177 n.s.	0,5	0,2896 n.s.	1,1	0,0088 **
n Hülsen gesamt	-4,04	<0,0001 ***	-5,1	<0,0001 ***	-1,03	0,1885 n.s.
n grüne Hülsen	-0,7	0,0087 **	-0,2	0,5320 n.s.	0,5	0,0450 *

In der „konventionellen“ Variante trat die größte Spanne bei den **EC-Werten** auf (EC 83 bis 99); es war also ein etwas größerer Teil der Hülsen unreif als in den beiden Mulchsaatvarianten (EC 83-85 zusammen 1 %, Tab. 4.58).

**Tab. 4.58:** Ernte 1998, 26.8.98: Ackerbohne; Anteil der hauptsächlich aufgetretenen EC-Werte an der Gesamtzahl aller aufgetretenen EC-Werte in % mit Angabe der Spanne (Min-Max) aller aufgetretenen EC-Werte in einer Variante; 200 Pflanzen je Variante

konv			Senf			Stroh		
EC	%	Min-Max	EC	%	Min-Max	EC	%	Min-Max
89	61,5		89	44,4		89	60,0	
97	17,0	83-99	97	32,1	87-99	97	22,0	87-99
99	15,5		99	11,7		99	7,5	

Die „konventionelle“ und die „Stroh“-Variante wiesen jedoch einen vergleichbaren Anteil Pflanzen mit vollreifen Hülsen (EC 89) von ca. 60 % sowie einen vergleichbaren Anteil abgestorbener Pflanzen mit Erntegut (EC 97 u. 99) auf. Im „Senf“ war der Anteil grüner Pflanzen mit vollreifen Hülsen um gut 15 % geringer als in „konv“ und „Stroh“, der Anteil abgestorbener Pflanzen mit Erntegut (EC 97 u. 99) dagegen um 11 % (gegenüber „konv“) bzw. 14 % (gegenüber „Stroh“) höher (Tab. 4.61). Geht man also von einem EC von 89 bis 97 als bestem Beerntungs-Stadium aus, so weisen „konventionelle“ und „Stroh“-Variante die günstigsten Werte auf. Allerdings ist hier nur vom EC-Wert und nicht vom Ertrag die Rede!

Der **Ertrag**, d. h. die **Gesamtzahl an Hülsen pro Pflanze**, war allerdings in den Mulchsaatvarianten, insbesondere im „Stroh“ (um 26 %; im „Senf“ um 21 %) deutlich höher als in der „konventionellen“ Variante (Tab. 4.56). Die Unterschiede waren höchst signifikant (Tab. 4.57).

**Tab. 4.59:** Ernte 1998, 26.8.98: Ackerbohne, Lupine; Tausendkorngewicht TKG [g]; Mittelwerte aus jeweils 20 Samenkörnern je Wägung, 5 Wägungen je Parzelle, insges. 120 Wägungen; mit Angabe des Standardfehlers

TKG [g]	konv	Senf	Stroh
Ackerbohne	422,3 ±8,0	439,6 ±6,2	437,9 ±5,5
Lupine	177,6 ±2,6	167,9 ±2,0	150,3 ±2,4

Auch das **Tausendkorngewicht (TKG)** der **Ackerbohnen** war in den Mulchsaatvarianten, vor allem in der Zwischenfrucht „Senf“ deutlich gegenüber ungemulchten Parzellen erhöht. In **Lupine** wies allerdings die „konventionelle“ Variante vor „Senf“ und zuletzt „Stroh“ das höchste TKG auf (Tab. 4.59).

**Tab. 4.60:** Ernte 1998, 26.8.98: Ackerbohne, Lupine; mittleres Gesamterntegewicht [g]: Erntegut von je 50 Pflanzen / Parzelle, insges. 400 Pflanzen; mit Angabe des Standardfehlers; Berechnung der Signifikanzwerte nach Fisher's PLSD, Signifikanzniveau 5 %

Gewicht [g]	konv	Senf	Stroh	konv, Senf		konv, Stroh	
				mittl. Diff.	p-Wert	mittl. Diff.	p-Wert
Ackerbohne	1091,9 ±130,5	1296,7 ±69,4	1540,9 ±83,4	<b>-204,7</b>	0,1738 n.s.	<b>-448,9</b>	0,0102 *
Lupine	27,9 ±5,8	26,6 ±6,5	35,8 ±4,6	1,3	0,8729 n.s.	<b>-7,9</b>	0,3523 n.s.

Auch das **mittlere Gesamterntegewicht** der **Ackerbohnen** war in den gemulchten Parzellen, insbesondere im „Stroh“ (signifikant,  $p < 0,05$ ), höher als in „konventioneller“ Bodenbearbeitung. In **Lupine** war das Gesamterntegewicht lediglich im „Stroh“ größer als in „konv“. Die Unterschiede zwischen den Varianten waren allerdings nicht signifikant (Tab. 4.60).

#### 4.3.3.4 Unkraut 1998

1998 war im Gegensatz zu 1997 in Mulchvarianten in Ackerbohne und Lupine eine höhere Unkrautdicke als auf ungemulchten („konv“) Flächen. In **Ackerbohne** (Tab. 4.61) war die mittlere Anzahl Unkrautpflanzen / m<sup>2</sup> in der „konventionellen“ Variante am geringsten, im „Stroh“ am höchsten (um 55,6 % mehr als in „konv“). Die Dichte der Unkräuter im „Senf“ war mit der in „konv“ vergleichbar (nur 9,5 % mehr). In der „konventionellen“ Variante waren jedoch die meisten Unkraut-Arten zu finden, während die Zahlen in den beiden Mulch-Varianten vergleichbar waren. Insgesamt wurden in Ackerbohne 1998 eine stärkere Verunkrautung und auch mehr Arten als in Lupine gefunden.

**Tab. 4.61:** Mittlere Anzahl Unkraut-Pflanzen / m<sup>2</sup>: Ackerbohne und Lupine;  
Unkrautbonitur 2.7.1998 (5 Bonituren pro Parzelle, 20 pro Variante)

Kulturpflanze	Ackerbohne			Lupine		
Unkrautart	konv	Senf	Stroh	konv	Senf	Stroh
<i>Apera spica-venti</i> (L.) P.B.	6,2	1,0	10,4	8,0	0,2	7,0
<i>Equisetum arvense</i> L.	1,0	0,6	2,2	1,2	0,2	-
<i>Galinsoga parviflora</i> RUIZ et PAVON	0,4	8,8	3,6	-	1,6	0,2
<i>Cirsium arvense</i> (L.) SCOP.	0,8	0,2	-	0,2	0,2	2,0
<i>Chamomilla recutita</i> (L.) RAUSCHERT	0,4	0,2	0,2	-	-	1,0
<i>Anthemis arvensis</i> L.	0,2	0,4	-	-	-	0,2
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. LÖVE	0,2	0,2	-	-	0,2	-
<i>Galium aparine</i> L.	-	1,2	-	0,2	0,4	-
<i>Senecio vulgaris</i> L.	-	0,8	0,6	-	1,0	0,2
<i>Poa annua</i> L.	0,6	-	0,8	-	0,4	-
<i>Poa</i> L. spec.	0,8	-	-	0,6	-	0,8
<i>Taraxacum officinale</i> WIGGERS	0,2	0,2	-	-	-	-
<i>Stellaria media</i> (L.) VILL.	0,2	-	0,6	-	-	-
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	0,2	-	0,2	-	-	-
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P.B.	0,6	-	-	-	-	-
<i>Polygonum persicaria</i> L.	0,4	-	-	-	-	-
Ausfallgetreide	0,4	-	-	-	-	-
<i>Fumaria</i> L. spec.	-	0,2	-	-	-	-
<i>Cardaria draba</i> (L.) DESV.	-	-	0,4	-	-	-
<i>Rumex acetosella</i> L.	-	-	0,2	-	-	-
<i>Setaria viridis</i> (L.) P.B.	-	-	0,2	-	-	-
<i>Sonchus asper</i> (L.) HILL	-	-	0,2	-	-	-
<i>Viola arvensis</i> MURRAY	-	-	-	-	0,2	0,4
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) MED.	-	-	-	-	0,4	-
<i>Veronica</i> L. spec.	-	-	-	-	0,2	-
<b>mittlere Unkraut-Dichte pro m<sup>2</sup></b>	<b>12,6</b>	<b>13,8</b>	<b>19,6</b>	<b>10,2</b>	<b>5,0</b>	<b>11,8</b>
<b>Unkraut-Artenanzahl</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>8</b>

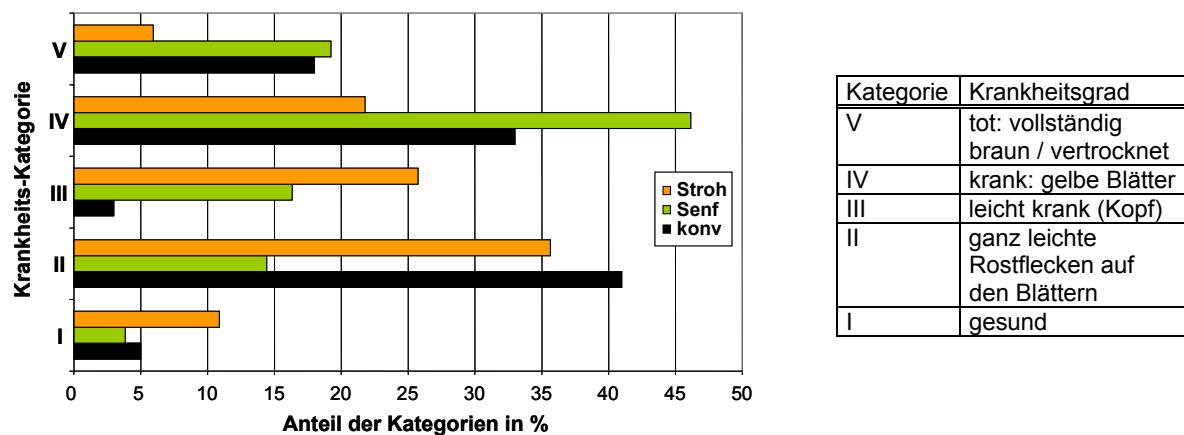
In **Lupine** wurden in der „Stroh“-Variante geringfügig mehr (15,7 %) Unkrautpflanzen / m<sup>2</sup> gezählt als in „konventionell“ bearbeiteten Parzellen (Tab. 4.61). In der Variante mit Zwischenfrucht „Senf“ war die Unkrautdichte dagegen um die Hälfte geringer als in „konv“. Die Anzahl verschiedener Unkraut-Arten war in beiden Mulchsaatvarianten höher als in der „konventionellen“ Variante, im „Senf“ waren es sogar mehr als doppelt so viele Arten wie in „konv“.

In ihrer Zusammensetzung können auch die 1998 beobachteten Unkrautgemeinschaften als fragmentarische Vergesellschaftungen der Ordnung Aperetalia (Windhalm-Äcker) angesehen werden. *Echinochloa crus-galli* war im Gegensatz zum Vorjahr nur sehr schwach vertreten.

#### 4.3.3.5 Pflanzenkrankheiten 1998

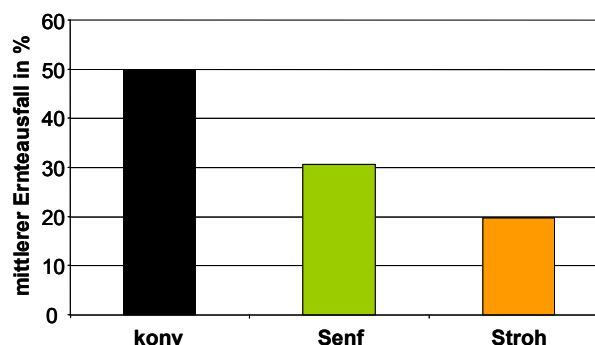
In der Ackerbohnen-Kultur wurden randomisiert Pflanzen entnommen und die Blätter in 5 verschiedene Krankheits-Kategorien eingeteilt, die den aus der Literatur bekannten

Kennzeichen der beiden Virosen (Gewöhnliches Ackerbohnen- und Erbsenmosaik durch BYMV; Blattroll- oder Vergilbungskrankheit durch BLRV) entsprachen.



**Abb. 4.60:** Bonitur des Krankheitsgrades der Ackerbohnenpflanzen 1998 in den 3 Varianten: 24.7.98; Zuordnung von 100 Pfl. / Parzelle zu 5 Krankheits-Kategorien in %-Anteilen

Betrachtet man den Krankheitsgrad der Ackerbohnenpflanzen in den 3 Varianten (Abb. 4.60), so fällt auf, dass die „Strohmulch“-Variante den größten Anteil gesunder bis leicht kranker (Kat. I bis III) und den niedrigsten Anteil kranker (Kat. IV) und toter (Kat. V) Pflanzen aufwies. Der Anteil gesunder Pflanzen im „Stroh“ war mit 10,9 % mehr als doppelt so hoch wie in der „konventionellen“ Variante mit 5,0 %. Der Anteil toter Pflanzen lag im „Stroh“ mit 5,9 % dreimal niedriger als in „konv“ mit 18,0 %. Die Bewirtschaftung mit Zwischenfrucht „Senf“ schnitt bei der Bewertung des Krankheitsgrades der Pflanzen von allen Varianten am schlechtesten ab. Die „Senf“-Variante hatte mit 3,8 % den geringsten Anteil gesunder Pflanzen (Kat. I) und mit 19,2 % sogar noch einen höheren Anteil toter Pflanzen (Kat. V) als die „konventionell“ bewirtschafteten Flächen mit 18,0 %. Auch traten im „Senf“ die meisten kranken Pflanzen (Kat. IV) mit 46,2 % gegenüber 33,0 % in „konv“ und nur 21,8 % in der „Stroh“-Variante auf. Auf die Kategorien II und III, die leicht kranke Pflanzen bezeichnen, verteilten sich entsprechend der übrigen Ergebnisse, viele Pflanzen in der „Strohmulch“-Variante und wenige im „Senf“.



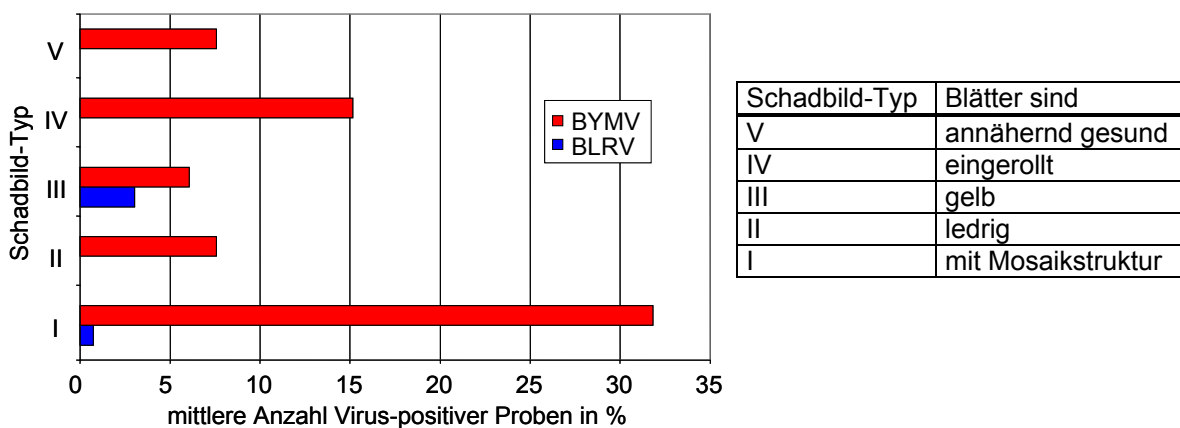
**Abb. 4.61:** Bonitur des Ernteausschlags in Ackerbohne 1998 in den 3 Varianten; 17.8.98

Bezieht man beim Vergleich des Ertrages in den 3 Varianten nicht nur die Erntequalität (Pflanzenhöhe, BBCH-Wert, Tausendkorngewicht, Anzahl Hülsen und Anteil reifer bzw. unreifer Hülsen) und das Gesamterntegewicht von jeweils gleich vielen (50) Pflanzen pro Parzelle mit ein (Tab. 4.56 bis 4.60), sondern auch, wieviel Prozent einer Parzelle nicht geerntet werden konnten (Abb. 4.61), so wird der Unterschied zwischen den Varianten noch deutlicher. In der „konventionellen“ Variante konnte 1998 die Hälfte (50,0 %) nicht geerntet werden, während der Ernteaussfall in den beiden Mulchsaatvarianten deutlich niedriger lag. Im „Senf“ gab es 30,7 %, im „Stroh“ sogar nur 19,7 % Ernteaussfall. Insgesamt kam es in den Ackerbohnen 1998 zu einem Ertragsverlust von ca. 36 % (gegenüber Standardertrag).

#### 4.3.3.6 Nachweis von BYMV und BLRV mittels des ELISA-Testverfahrens

Um zu prüfen, ob die äußerlich sichtbaren Zeichen der Virose, wie sie in der Literatur beschrieben werden, tatsächlich mit dem Virus übereinstimmen, der die Pflanze befallen hat, wurde das ELISA-Testverfahren angewendet.

Mit Hilfe des ELISA-Tests konnten die durch Sichtbonitur festgelegten Schadbild-Typen den Pflanzenviren zugeordnet werden.

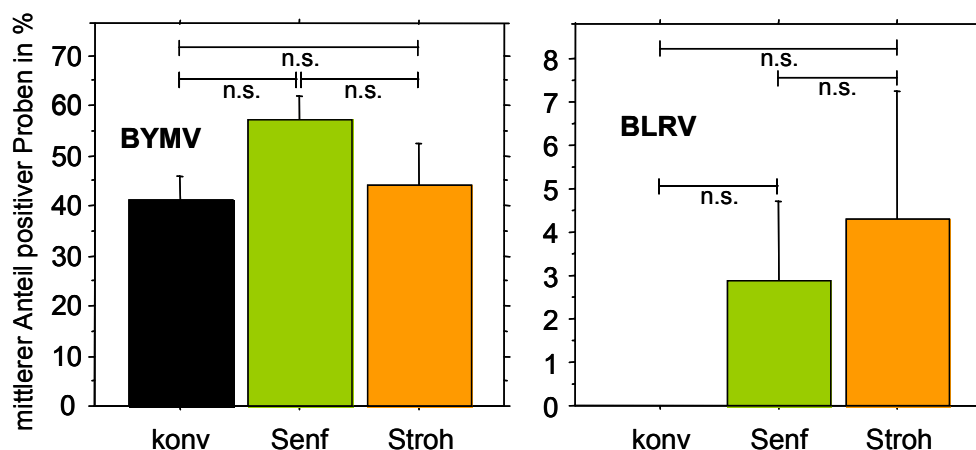


**Abb. 4.62:** ELISA 5.8.98: Zuordnung von BYMV und BLRV zu verschiedenen Schadbild-Typen, Rohsaft von Ackerbohnen-Blättern

Das Bohnengelbmosaik-Virus (**Bean yellow mosaic virus**, BYMV), das bei Ackerbohnen das Gewöhnliche Ackerbohnenmosaik auslöst, ließ sich mittels ELISA am 5.8.98 im Pflanzenrohsaft von Ackerbohnen-Blättern mit 68,2 % 18 mal häufiger nachweisen als das Blattroll-Virus der Ackerbohne (**Bean leaf roll virus**, BLRV) mit 3,8 % und damit auch wesentlich eindeutiger den ausgewählten Schadbild-Typen zuordnen (Abb. 4.62). In Lupinenblättern trat das **Bean yellow mosaic virus** (BYMV) in überwältigenden 98,5 % der untersuchten Proben auf, während hier das **Bean leaf roll virus** (BLRV) überhaupt nicht nachzuweisen war; hier wurde keine Zuordnung der Pflanzen zu Schadbild-Typen vorgenommen.

Die beiden häufigsten Schadbild-Typen, Blätter mit Mosaikstruktur (I) mit 31,8 % und Blätter eingerollt / gekräuselt (IV) mit 15,2 %, werden auch in der Literatur als Kennzeichen der BYMVirose beschrieben (RODER 1990). Die Vergilbung der Blätter wird in der Literatur nur der Blattroll-oder Vergilbungskrankheit (Erreger BLRV) zugeordnet. Diesem Schadbild-Typ (III) ließen sich auch die BLRV-positiven Proben mit 3 % von insgesamt 3,8 % fast vollständig zuordnen.

Allerdings ließ sich ein zwar geringerer als den „typischen“ Kennzeichen, aber dennoch relativ hoher Prozentsatz Schadbild-Typen zuordnen, die laut Literaturvergleich untypisch für die jeweilige Virose sind. Dies waren beim BYMV die Schadbild-Typen III (gelb) mit immerhin 6,1 % und II (ledrig) mit sogar 7,6 %, die laut Literatursauskunft eigentlich Kennzeichen für BLRV sind. Bei BLRV ließen sich die restlichen 0,8 % dem Schadbild-Typ I (Mosaikstruktur) zuordnen, laut RÖDER (1997) typisches Kennzeichen für BYMV. Vor allem wurden immerhin 7,6 % der BYMV-positiven Proben bei der Sichtbonitur als von annähernd gesunden Pflanzen stammend eingestuft (V). Insgesamt verhielten sich also insgesamt 22 % der Proben „untypisch“.



**Abb. 4.63:** ELISA 20.08.98: BYMV (links) und BLRV (rechts) in den 3 Varianten der Ackerbohne, mittlerer Anteil Virus-positiver Proben in % mit Angabe des Standardfehlers

Für die zweite ELISA-Testreihe am 20.8.98 wurden im Gegensatz zur ersten Reihe am 5.8.98, bei der Pflanzen nach ihrem äußerlich erkennbaren Schadbild ausgewählt wurden, 436 Ackerbohnen-Pflanzen entlang eines Rasters in den drei Bodenbearbeitungsvarianten entnommen. Das Bohnengelbmosaik-Virus (**Bean yellow mosaic virus**, BYMV) ließ sich dabei im Mittel aller Varianten mit 47,5 % (68,2 % am 5.8.) 20-mal häufiger nachweisen als das Blattroll-Virus der Ackerbohne (**Bean leaf roll virus**, BLRV) mit 2,4 % (3,8 % am 5.8.). Beim Vergleich der 3 Varianten ergab sich folgendes Bild (Abb. 4.63): Die Mulchsaatvarianten wiesen sowohl bei BYMV als auch bei BLRV einen höheren Anteil Virus-positiver Proben auf als die „konventionell“ bearbeitete Variante. Mit dem Bean yellow mosaic Virus (BYMV) waren in „konv“ und „Stroh“ jeweils ca. 40 % der Pflanzen befallen („konv“ 41,2 %, „Stroh“ 44,3 %), im „Senf“ sogar 57,1 %. Das Bean leaf roll Virus (BLRV) konnte in der „konventionellen“ Variante überhaupt nicht nachgewiesen



werden, im „Senf“ bei 2,9 % und im „Stroh“ bei 4,3 % der untersuchten Pflanzen. Die Ergebnisse waren aber statistisch nicht signifikant.

#### 4.3.4 Pflanzenentwicklung 1999

##### 4.3.4.1 Auflaufbonitur 1999

In Ackerbohne war die **Pflanzendichte** in der „Strohmulch“-Variante innerhalb der ersten 4 Wochen nach Auflauf geringer als in „konv“ (n.s.), in „Senf“ dagegen höher. Die Unterschiede zwischen Senf und „konv“ waren nach 2,5 Wochen signifikant ( $p < 0,05$ ), danach nicht mehr signifikant (Tab. 4.62).

**Tab. 4.62:** Auflauf 1999: Pflanzendichte in Ackerbohne am 18.5., 26.5. und 1.6.99, Vergleich der Varianten; mittlere Anzahl Pflanzen pro m<sup>2</sup> mit Standardfehler; n pro Variante = 20 (je Datum)

Pfl. / m <sup>2</sup>	konv	Senf	Stroh	konv, Senf		konv, Stroh	
				mittl. Diff.	p-Wert	mittl. Diff.	p-Wert
18.05.99	26,0 ±0,9	29,9 ±1,3	25,3 ±1,1	<b>-3,9</b>	0,0174 *	0,8	0,6395 n.s.
26.05.99	30,5 ±1,3	31,9 ±1,7	29,8 ±1,3	<b>-1,4</b>	0,5114 n.s.	0,8	0,7149 n.s.
01.06.99	31,4 ±1,4	28,0 ±1,4	28,1 ±1,2	3,5	0,0664 n.s.	3,3	0,0788 n.s.

Die **Dichte der Lupinenpflanzen** war dagegen in den mit „Stroh“ und „Senf“ gemulchten Parzellen in den ersten 4 Wochen nach Auflauf höchst signifikant höher als in „konventioneller“ Bearbeitung (Tab. 4.63).

**Tab. 4.63:** Auflauf 1999: Pflanzendichte in Lupine am 18.5., 26.5. und 1.6.99, Vergleich der Varianten; mittlere Anzahl Pflanzen pro m<sup>2</sup> mit Standardfehler; n pro Variante = 15 (je Datum)

Pfl. / m <sup>2</sup>	konv	Senf	Stroh	konv, Senf		konv, Stroh	
				mittl. Diff.	p-Wert	mittl. Diff.	p-Wert
18.05.99	1,8 ±0,4	5,9 ±0,7	2,1 ±0,4	<b>-4,1</b>	<0,0001 ***	<b>-0,3</b>	0,6649 n.s.
26.05.99	1,7 ±0,4	7,3 ±1,0	2,6 ±0,9	<b>-5,5</b>	<0,0001 ***	<b>-0,9</b>	0,4481 n.s.
01.06.99	1,5 ±0,3	7,2 ±0,8	2,1 ±0,6	<b>-5,7</b>	<0,0001 ***	<b>-0,6</b>	0,4844 n.s.

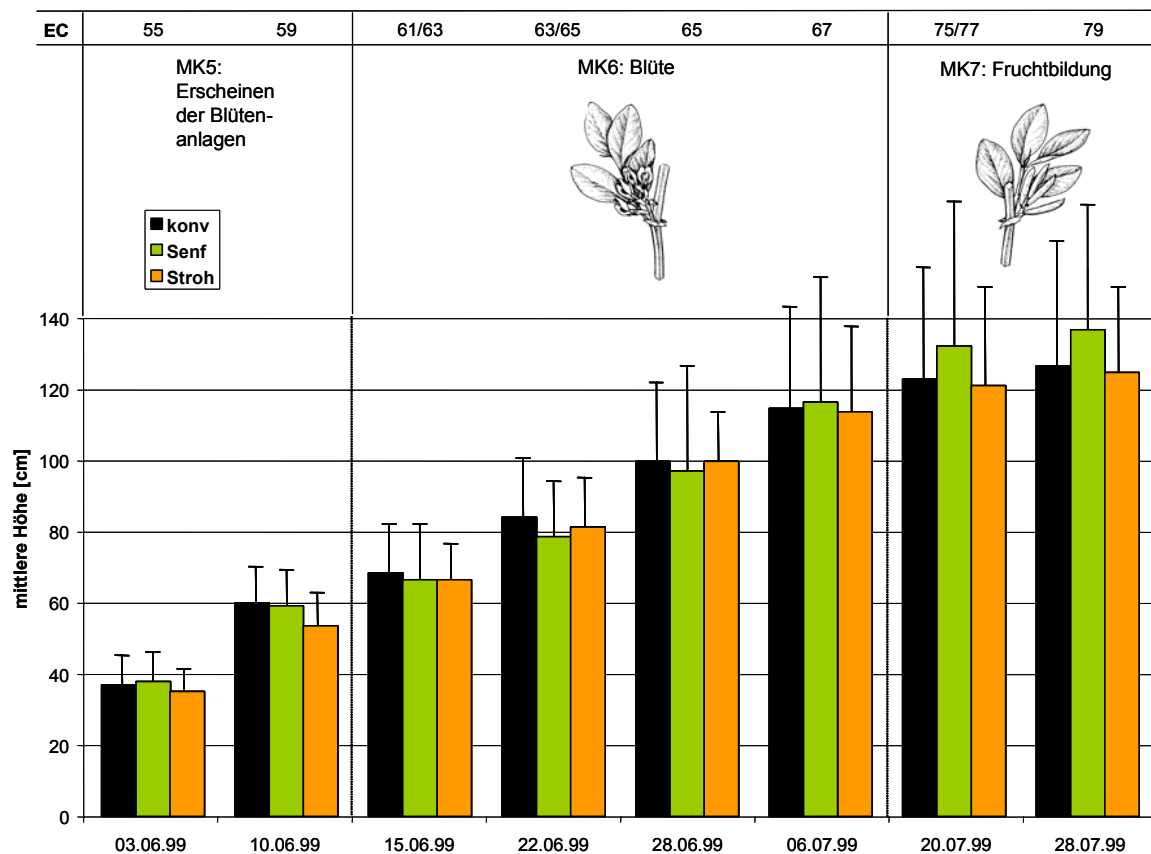
##### 4.3.4.2 Entwicklungsstadium und Wuchshöhe 1999

Auch 1999 konnte man, wie in den Vorjahren, bis zu 6 Wochen nach Auflauf eine leichte **Entwicklungsverzögerung** der **Ackerbohnenpflanzen** in „Stroh“ und „Senf“ beobachten (Tab. 4.64).

**Tab. 4.64:** Pflanzenentwicklung 1999: Ackerbohne; Entwicklungsstadium EC der Pflanzen in den 3 Varianten nach BBCH-Skala und Differenz der EC-Werte von „konv“ und „Senf“ bzw. „Stroh“

Datum	EC				
	konv	Senf	Stroh	konv-Senf	konv-Stroh
03.06.99	54,6	55,4	54,1	-0,8	0,5
10.06.99	59,6	59,4	59,5	0,2	0,1
15.06.99	62,2	61,9	61,7	0,3	0,5
22.06.99	64,8	64,8	64,8	-0,1	-0,1
28.06.99	65,3	65,5	65,5	-0,1	-0,1
06.07.99	67,3	67,0	67,2	0,3	0,1
13.07.99	71,0	69,0	70,4	2,0	0,6
20.07.99	75,9	76,1	76,5	-0,2	-0,6
28.07.99	78,9	78,9	78,8	0,0	0,1

EC nach BBA (2001), Faba-Bohne



**Abb. 4.64:** Pflanzenentwicklung 1999: Ackerbohne; Wuchshöhe in cm mit Standardabweichung in den 3 Varianten mit mittlerem EC (Mittel aus „konv“, „Senf“ und „Stroh“), Pflanzenbilder aus BBA (2001), Faba-Bohne

Es zeigten sich 1999 in **Ackerbohne** keine deutlichen Unterschiede in der **Größe der Pflanzen** (Abb. 4.64). Trotz gleicher Bodenfeuchte in „Strohmulch“ und „konv“ blieb die Pflanzenhöhe in den „Stroh“-Parzellen die gesamte Vegetationszeit hindurch leicht hinter derjenigen in „konventioneller“ Bodenbearbeitung zurück, ab Ende Juni weniger stark als

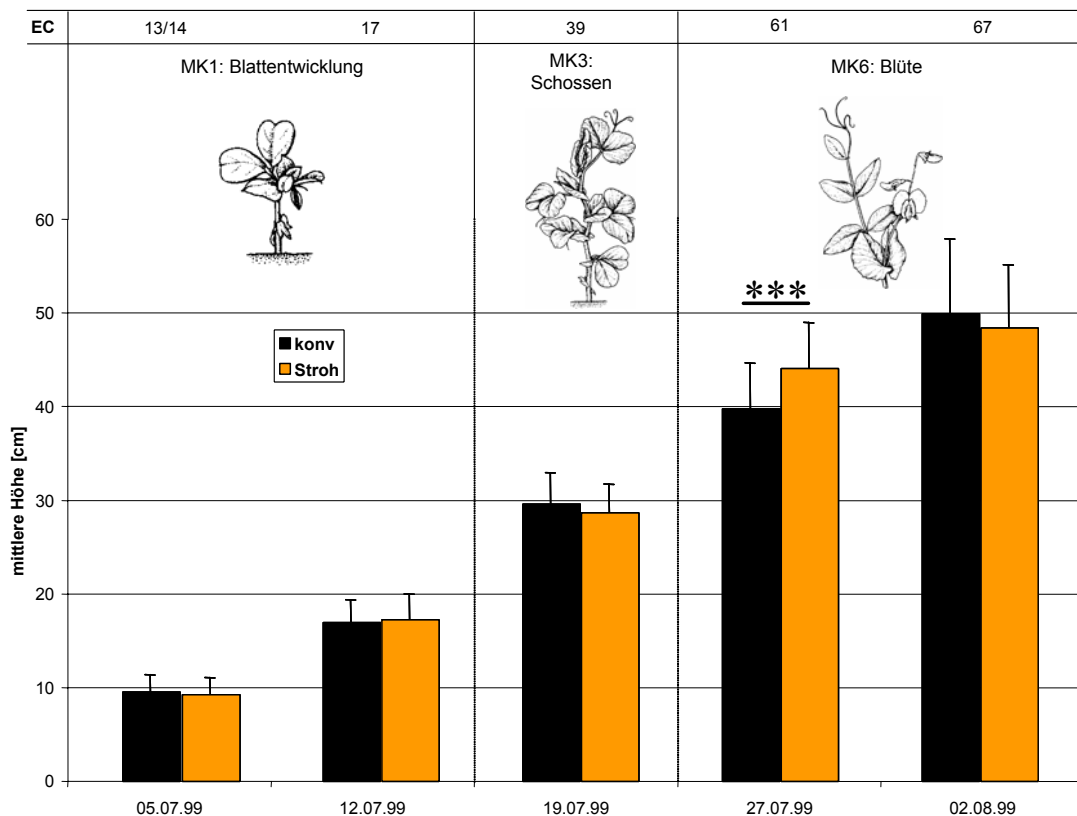
zu Beginn der Vegetationszeit. Ab Anfang Juli stieg die Bodenfeuchte in den mit „Stroh“ gemulchten Parzellen gegenüber den beiden anderen Varianten etwas an (Abb. 4.74). Die Pflanzen der „Senf“-Parzellen wuchsen ab Anfang Juli höher als in den beiden anderen Varianten, obwohl die Bodenfeuchte durchgängig niedrig war. In der „konventionellen“ Bodenbearbeitung und im „Strohmulch“ lag die Bodenfeuchte durchschnittlich bei 7,1 %, im „Senf“ dagegen im Mittel nur bei 6,3 % (Abb. 4.74).

In der fast 2 Monate später als Ackerbohne und Lupine angelegten **Erbsenkultur** zeigte sich keine Entwicklungsverzögerung der Pflanzen (Tab. 4.65).

**Tab. 4.65:** Pflanzenentwicklung 1999: Erbse; Entwicklungsstadium EC der Pflanzen in „konventioneller“ und „Stroh“-Variante nach BBCH-Skala und Differenz der EC-Werte von „konv“ und „Stroh“; EC nach BBA (2001), Erbse

Datum	EC		
	konv	Stroh	konv-Stroh
30.06.99	12,31	12,32	0,0
05.07.99	13,81	13,80	0,0
12.07.99	17,2	16,8	0,4
19.07.99	38,9	39,0	-0,1
27.07.99	61,0	60,7	0,3
02.08.99	66,9	67,1	-0,2

Auch waren die Erbsenpflanzen in der gemulchten Variante nur an einem Termin, 1 Monat nach Auflauf, höchst signifikant größer als bei „konventioneller“ Bodenbearbeitung (Abb. 4.65).



**Abb. 4.65:** Pflanzenentwicklung 1999: Erbse; Wuchshöhe in cm mit Standardabweichung in den beiden Varianten mit mittlerem EC (Mittel aus „konv“ und „Stroh“), Pflanzenbilder aus BBA (2001), Erbse

#### 4.3.4.3 Ernte 1999

**1999** waren die geernteten **Ackerbohnen** in „Senf“ (n.s.) und „Stroh“ ( $p < 0,05$ ) analog zur geringeren Bodenfeuchte (Abb. 4.74) in den gemulchten Parzellen bis Mitte Juli in diesem Jahr kleiner als im „konventionellen“ Anbau. Der Ertrag und die Qualität der Ernteprodukte waren allerdings in den Mulchsaatvarianten trotzdem höher als im „konventionellen“ Verfahren (Tab. 4.66).

**Tab. 4.66:** Ernte 1999, 9.8.99: Ackerbohne; Pflanzenhöhe [cm], EC, Anzahl Hülsen und Anteil grüner bzw. verkümmerter Hülsen an Gesamt-Hülsenzahl [%]; Mittelwerte von 150 Pflanzen je Variante, insges. 450 Pflanzen; mit Angabe des Standardfehlers

	konv	Senf	Stroh
Pfl. Höhe [cm]	108,4 ±2,6	103,5 ±2,4	99,4 ±1,3
EC	93,2 ±0,4	95,7 ±0,4	93,3 ±0,5
n Hülsen schwarz	11,04 ±0,6	12,1 ±0,8	13,4 ±0,7
n Hülsen gesamt	17,8 ±0,7	17,1 ±0,8	18,7 ±0,7
Anteil grüner Hülsen an Gesamt-Hülsenzahl [%]	6,3	2,8	10,1
Anteil verkümmerter Hülsen braun an Gesamt-Hülsenzahl [%]	29,7	25,9	17,4
Anteil verkümmerter Hülsen grün an Gesamt-Hülsenzahl [%]	1,9	0,9	0,8

Der Anteil voll ausgereifter Hülsen an der Gesamtzahl der Hülsen pro Pflanze lag in „Stroh“ und „Senf“ höher als in der „konventionell“ bearbeiteten Variante. Die Unterschiede waren jedoch nur zwischen „Stroh“ und „konv“ signifikant ( $p < 0,05$ ) (Tab. 4.67). Die Gesamtzahl an Hülsen pro Pflanze war lediglich in der „Strohmulch“-Variante höher (n.s.) als in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung, nicht in „Senf“-Parzellen.

**Tab. 4.67:** Ernte 1999: Ackerbohne; Vergleich verschiedener Ernteparameter in den 3 Varianten; Berechnung der Signifikanzwerte nach Fisher's PLSD, Signifikanzniveau 5 %

	konv, Senf		konv, Stroh		Senf, Stroh	
	mittl. Diff.	p-Wert	mittl. Diff.	p-Wert	mittl. Diff.	p-Wert
Pfl. Höhe [cm]	4,9	0,1112 n.s.	9,0	0,0034 *	4,1	0,1793 n.s.
EC	-2,5	<0,0001 ***	-0,1	0,8998 n.s.	2,4	0,0003 ***
n Hülsen schwarz	-1,03	0,2997 n.s.	-2,4	0,0156 *	-1,4	0,1656 n.s.
n Hülsen gesamt	0,6	0,5409 n.s.	-1,0	0,3541 n.s.	-1,6	0,1244 n.s.
n grüne Hülsen	0,6	0,1360 n.s.	-0,8	0,0768 n.s.	-1,4	0,0012 **
n verkümmerte Hülsen schwarz	0,8	0,0617 n.s.	2,0	<0,0001 ***	1,2	0,0092 **
n verkümmerte Hülsen grün	0,2	0,1057 n.s.	0,2	0,0934 n.s.	0,01	0,9521 n.s.

Der Anteil verkümmerter Hülsen an der Gesamt-Hülsenanzahl war dagegen in beiden Mulchsaatvarianten niedriger als in ungemulchten („konv“) Parzellen. Die Unterschiede waren allerdings wieder nur im „Stroh“ beim Anteil verkümmerter brauner und schwarzer Hülsen signifikant ( $p < 0,0001$ ) (Tab. 4.66 u. 4.67).

#### 4.3.5 Pflanzenentwicklung 2000

##### 4.3.5.1 Entwicklungsstadium und Wuchshöhe 2000

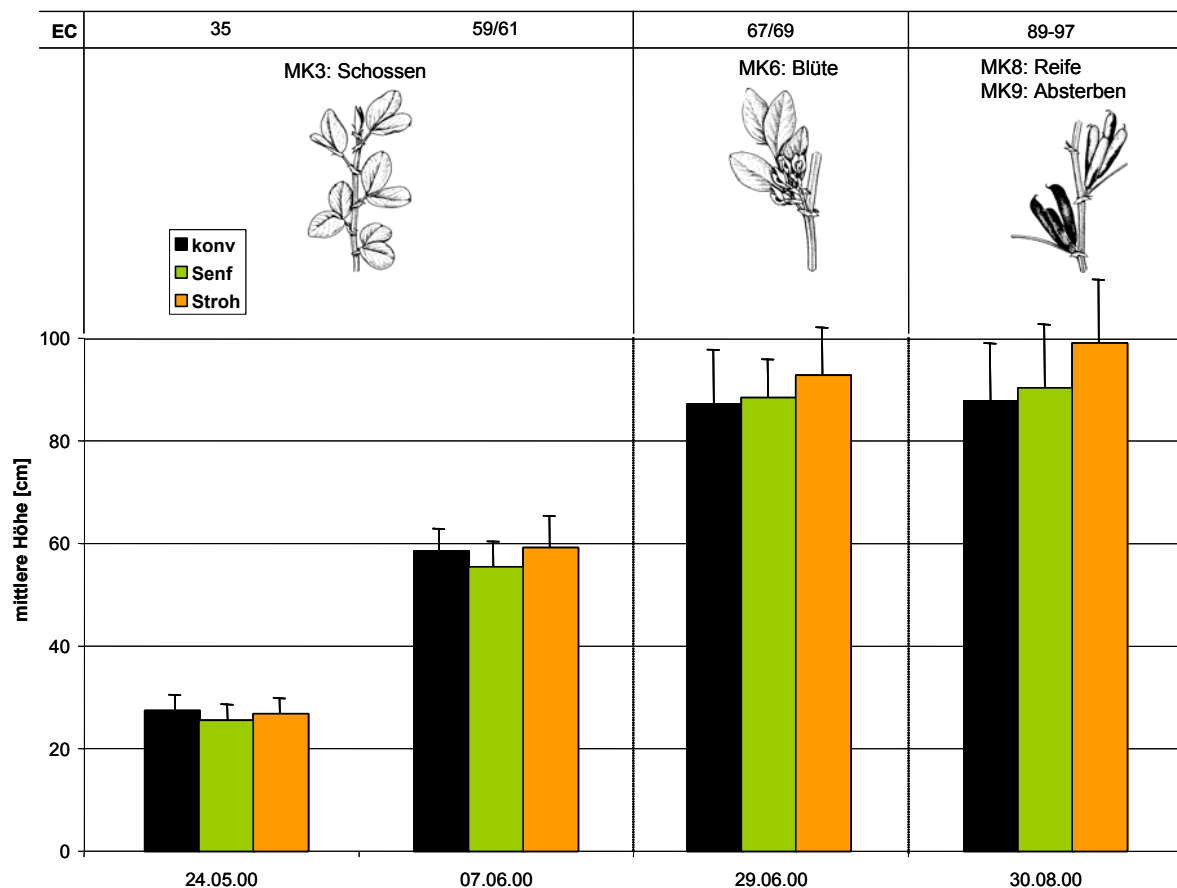
Im Versuchsjahr 2000 konnte man eine leichte Entwicklungsverzögerung der **Ackerbohnen**pflanzen in den gemulchten Parzellen gegenüber der ungemulchten Variante feststellen. Im „Stroh“ dauerte diese Verzögerung etwa 2 Wochen, im „Senf“ dagegen nur 9 Tage (Tab. 4.68).

**Tab. 4.68:** Pflanzenentwicklung 2000: Ackerbohne; Entwicklungsstadium EC der Pflanzen in den 3 Varianten nach BBCH-Skala und Differenz der EC-Werte von „konv“ und „Senf“ bzw. „Stroh“; EC nach BBA (2001), Faba-Bohne

Datum	EC				
	konv	Senf	Stroh	konv-Senf	konv-Stroh
04.05.00	14,2	14,1	14,1	0,1	0,1
10.05.00	16,6	16,8	16,6	-0,2	0,0
13.05.00	18,4	18,5	18,0	-0,1	0,4
17.05.00	29,8	29,5	30,7	0,3	-0,9
24.05.00	35,0	34,9	34,9	0,2	0,2
29.06.00	67,9	67,3	68,0	0,6	-0,1
30.08.00	94,3	93,7	95,0	0,6	-0,8

Die Wuchshöhe der Ackerbohnenpflanzen war 1 Monat nach Auflauf, entsprechend der leicht verzögerten Anfangsentwicklung der Pflanzen, in den Mulchvarianten geringfügig niedriger als in „konv“ (Abb. 4.66).

Eine Woche später holten die Pflanzen der mit „Stroh“ gemulchten Parzellen in ihrem Wachstum auf, und gut 2 Monate nach Auflauf waren die Bohnen in beiden Mulchvarianten, vor allem im „Strohmulch“ deutlich größer als in „konventioneller“ Bearbeitung.



**Abb. 4.66:** Pflanzenentwicklung 2000: Ackerbohne; Wuchshöhe in cm mit Standardabweichung in den 3 Varianten mit mittlerem EC (Mittel aus „konv“, „Senf“ und „Stroh“), Pflanzenbilder aus BBA (2001), Faba-Bohne

#### 4.3.5.2 Ernte 2000

Die Qualität der Ernteprodukte war im Versuchsjahr 2000 in den Mulchsaatvarianten besser als in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung, d. h. der Anteil verkümmelter Hülsen war hier um 55 % geringer. In der „konventionellen“ Variante traten verkümmerte Hülsen (grün und schwarz) mit einem Anteil von 19,5 % an der Gesamt-Hülsenzahl auf, in „Senf“ mit 8,8 % und im „Stroh“ waren 9,1 % der Früchte verkümmert (Tab. 4.69). Der Anteil reifer, aber verkümmelter Hülsen an der Gesamt-Hülsenzahl war in beiden

Mulchsaatvarianten signifikant ( $p < 0,05$ ) niedriger als im „konventionellen“ Anbauverfahren, im „Stroh“ noch geringfügig niedriger als im „Senf“ (n.s.) (Tab. 4.70).

**Tab. 4.69:** Ernte 2000, 30.8.00: Ackerbohne; Pflanzenhöhe [cm], EC, Anzahl Hülsen und Anteil grüner bzw. verkümmerter Hülsen an Gesamt-Hülsenzahl [%]; Mittelwerte von 200 Pflanzen je Variante, insges. 600 Pflanzen; mit Angabe des Standardfehlers

	<b>konv</b>	<b>Senf</b>	<b>Stroh</b>
Pfl. Höhe [cm]	87,8 $\pm 0,8$	90,0 $\pm 0,9$	98,6 $\pm 0,9$
EC	94,3 $\pm 0,3$	93,7 $\pm 0,4$	95,04 $\pm 0,3$
n Hülsen schwarz	10,5 $\pm 0,6$	15,2 $\pm 0,6$	16,3 $\pm 0,6$
n Hülsen gesamt	13,3 $\pm 0,6$	16,9 $\pm 0,6$	18,02 $\pm 0,7$
Anteil grüner Hülsen an Gesamt-Hülsenzahl [%]	15,02	27,9	10,6
Anteil verkümmerter Hülsen schwarz an Gesamt-Hülsenzahl [%]	27,3	16,9	16,05
Anteil verkümmerter Hülsen grün an Gesamt-Hülsenzahl [%]	11,3	14,8	11,1

Auch die Gesamtzahl der Hülsen sowie der Anteil reifer, voll ausgebildeter Hülsen war in den Mulchvarianten höher als in den „konventionell“ behandelten Parzellen. Im „Senf“ waren 27 % mehr Hülsen sowie 45 % mehr reife (schwarze) Früchte an den Pflanzen zu finden als bei „konventioneller“ Bodenbearbeitung, im „Stroh“ sogar 36 % höherer Fruchtansatz und im Vergleich zur „konventionellen“ Variante 55 % mehr Hülsen, die voll ausgereift waren. Die Unterschiede waren sowohl bei der Gesamtzahl der Hülsen pro Pflanze als auch beim Anteil voll ausgereifter Hülsen in „Stroh“ und „Senf“ gegenüber „konv“ höchst signifikant ( $p < 0,0001$ ) (Tab. 4.70).

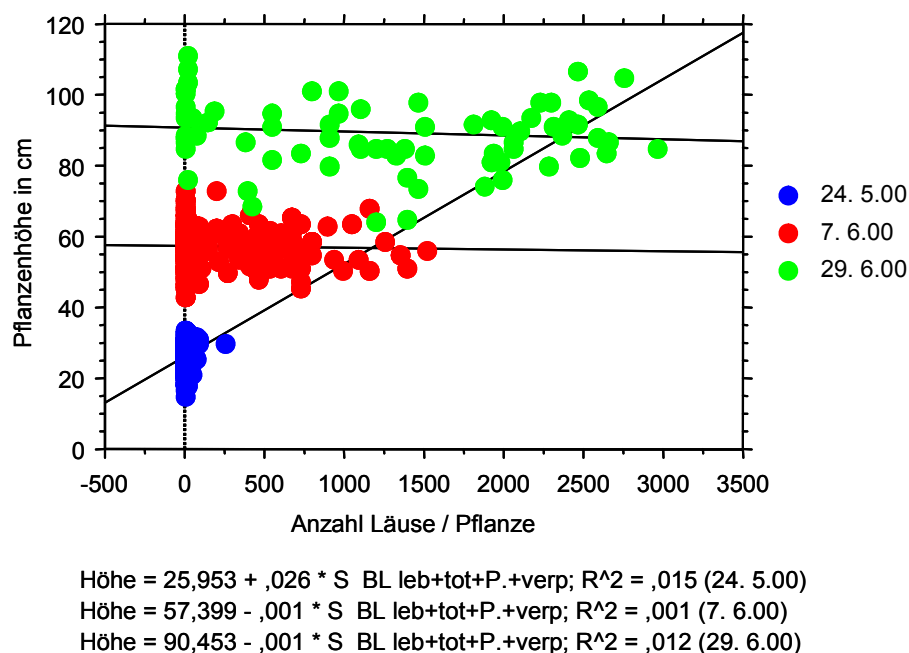
**Tab. 4.70:** Ernte 2000: Ackerbohne; Vergleich verschiedener Ernteparameter (Pflanzenhöhe [cm], EC, n Hülsen schwarz, grün, gesamt) in den 3 Varianten; Berechnung der Signifikanzwerte nach Fisher's PLSD, Signifikanzniveau 5 %

	<b>konv, Senf</b>		<b>konv, Stroh</b>		<b>Senf, Stroh</b>	
	mittl. Diff.	p-Wert	mittl. Diff.	p-Wert	mittl. Diff.	p-Wert
Pfl. Höhe [cm]	-2,2	0,0656 n.s.	-10,9	<0,0001 ***	-8,7	<0,0001 ***
EC	0,6	0,2060 n.s.	-0,8	0,1081 n.s.	-1,3	0,0042 **
n Hülsen schwarz	-4,7	<0,0001 ***	-5,7	<0,0001 ***	-1,1	0,2113
n Hülsen gesamt	-3,6	<0,0001 ***	-4,7	<0,0001 ***	-1,1	0,1915 n.s.
n grüne Hülsen	-2,7	0,0127 *	0,1	0,9188 n.s.	2,8	0,0172 *
n verkümmerte Hülsen schwarz	0,8	0,0240 *	0,7	0,0280 *	-0,04	0,9140 n.s.
n verkümmerte Hülsen grün	-1,0	0,2001 n.s.	-0,5	0,4417 n.s.	0,5	0,5656 n.s.

Die geernteten Ackerbohnen-Pflanzen waren in beiden Mulchvarianten, insbesondere im „Strohmulch“-Verfahren, deutlich größer als die „konventionell“ angebauten Bohnen (Tab. 4.69). Der Unterschied zwischen „konventionell“ und „Senf“ war nicht signifikant, zwischen „konv“ und „Stroh“ dagegen höchst signifikant ( $p < 0,0001$ ) (Tab. 4.70).

#### 4.3.6 Pflanzenentwicklung im Vergleich mit dem Blattlausbefall

Anhand der Daten aus dem Versuchsjahr 2000 lässt sich die Entwicklung des Einflusses des Blattlausbefalls bei fortschreitendem Pflanzenwachstum gut erkennen (Abb. 4.67, s. auch Kap. 4.1.3.6). Die Abbildung steht auch exemplarisch für die beiden anderen Jahre 1998 und 1999, bei denen durch die Vielzahl an Boniturterminen eine grafische Darstellung unübersichtlicher wäre. Zu Beginn der Blattlausbesiedlung kleiner Pflanzen von 15 bis 34 cm (Mittel 26 cm) Höhe im Mai (EC 33-38, Mittel 34,9) war die Steigung der Regressionsgerade noch positiv. Das heißt, dass bei geringem Schädlingsbefall (im Mittel 4 Blattläuse pro Pflanze) noch keine Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum auftraten. Je größer die Pflanze war, also je mehr Angriffsfläche sie bot, desto mehr Blattläuse wurden beobachtet. Anfang Juni, bei zunehmender Vermehrung der Blattläuse (im Mittel 159 Blattläuse pro Pflanze, Pflanzen 43-73 cm, im Mittel 57 cm hoch), war zunehmend ein negativer Einfluss der Schädlinge auf die Pflanzenentwicklung zu beobachten. Stark befallene Pflanzen blieben in ihrem Wachstum zurück. Die größten Pflanzen im Bestand waren stets am geringsten befallen. Dieser Effekt verstärkte sich mit fortschreitender Vermehrung der Blattläuse. Die Steigung der Regressionsgerade wurde negativ.



**Abb. 4.67:** Bivariates Scattergram der Anzahl Blattläuse pro Pflanze gegen die Pflanzenhöhe, nach Datum getrennt, nicht nach Varianten/Parzellen; 2000; S BL leb+tot+P.+verp = Summe aller Blattläuse (lebend, tot, parasitiert u. verpilzt)

Auch wenn für alle 3 Versuchsjahre das oben beschriebene Grundprinzip galt, kann die Schadensschwelle des Blattlausbefalls nicht genau festgelegt werden. Die Blattlausbesiedlung und Pflanzenentwicklung in den 3 Jahren war doch zu unterschiedlich. 1998 findet sich z. B. bei durchschnittlich 28 Blattläusen pro Pflanze Anfang Juni noch eine



positive Steigung der Regressionsgeraden, d. h., der Blattlausbefall hatte noch keine negativen Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum. Die Pflanzen waren zu diesem Zeitpunkt durchschnittlich 35 cm hoch (15 bis 61 cm) und hatten einen EC-Wert von 39 bis 65 (Mittel 60,3). Dagegen kam es 1999 ebenfalls Anfang Juni schon ab einem durchschnittlichen Blattlausbefall von 2 Tieren pro Pflanze zu Wachstums hemmung, bei einer durchschnittlichen Pflanzenhöhe von 58 cm (26 bis 90 cm) und einem EC-Wert von 33 bis 65 (Mittel 59,5). Aufgrund der Vielzahl an unbefallenen Pflanzen, d. h. der nicht normalverteilten Daten, ist der  $R^2$ -Wert jedoch bei allen Werten nicht sehr hoch.

**Tab. 4.71:** Zusammenhang zwischen Pflanzenhöhe und Blattlauszahl pro Pflanze 1999

	Steigung Regressionsgerade			Korrelationskoeffizient		
	konv	Senf	Stroh	konv	Senf	Stroh
10.06.99	-0,296	-0,099	-0,501	-0,124	-0,207	-0,266
15.06.99	-0,469	-0,572	-0,182	-0,025	-0,212	-0,185
22.06.99	-0,040	0,079	0,015	-0,043	-0,087	-0,115
28.06.99	-0,020	-0,015	-0,182	-0,108	-0,035	-0,321
06.07.99	0,000	0,159	-0,038	-0,015	0,041	-0,427
20.07.99	-0,002	-0,340	-0,001	0,098	-0,400	-0,068
28.07.99	-0,165	-2,104	-0,118	-0,008	-0,202	-0,264

Der beobachtete Effekt war variantenunabhängig vorhanden, aber nicht in allen Varianten gleich stark ausgeprägt. 1999 hatte die Regressionsgerade aus Pflanzenhöhe und der Anzahl Blattläuse pro Pflanze in allen drei Varianten eine negative Steigung (Tab. 4.71). Dieser Zusammenhang war im „Senf“ am deutlichsten erkennbar, d. h., die Pflanzen der Zwischenfrucht-Variante „Senf“ waren besonders anfällig für eine Wachstumsreduktion bei starkem Blattlausbefall. „Stroh“ und „konventionelle“ Bodenbearbeitung zeigten vergleichbare niedrigere Wachstumsreduzierung. Im „Stroh“ war diese Reduzierung besonders einheitlich (höchster Korrelationskoeffizient), gefolgt von „Senf“. 1998 waren die Pflanzen der „Stroh“-Variante besonders von der Verminderung des Wachstums bei starkem Blattlausbefall betroffen, gefolgt vom „Senf“. In der „Senf“-Variante waren die Werte besonders einheitlich.

#### 4.3.7 Pflanzenentwicklung im Vergleich mit dem Mikroklima

(s. hierzu auch Kap. 4.4 Klima u. 5.7 Mikroklima)

In den Mulchvarianten zeigte sich ein leicht verzögerter Aufruf der Kulturpflanzen gegenüber der Variante mit „konventioneller“ Bodenbearbeitung. Ungefähr 3 bis 5 Wochen nach Aussaat waren jedoch keine signifikanten Unterschiede mehr in der Pflanzendichte zwischen den Varianten erkennbar.

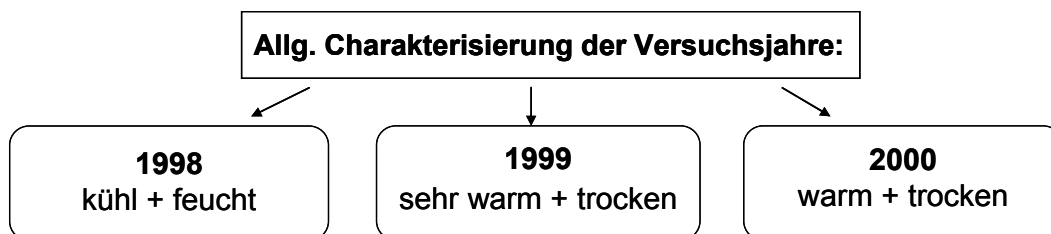
Unterschiede in der Wuchshöhe der Pflanzen zeigten sich 1998 deutlicher als in den übrigen Versuchsjahren. Die Pflanzen in den Mulchvarianten waren von Mitte Juni bis Ende August an allen Terminen deutlich größer als in der „konventionellen“ Variante. Ende Juni bis Anfang Juli waren die Pflanzen der Zwischenfrucht-Variante am größten, ab

Mitte Juli bis zur Ernte diejenigen der Strohmulch-Variante (s. Abb. 4.60). Auch die Bodenfeuchte lag hier in „Stroh“ und „Senf“ durchschnittlich höher als in der „konventionellen“ Variante (Abb. 4.73). Im Versuchsjahr 1999 war die Bodenfeuchte in „Strohmulch“ und „konventioneller“ Bodenbearbeitung im Durchschnitt des gesamten Messzeitraumes mit 7,1 % vergleichbar, im „Senf“ lag sie mit 6,3 % deutlich darunter (Abb. 4.74). Betrachtet man nur den Zeitraum Juli / August lag die Bodenfeuchte im „Stroh“ um 0,1 % über derjenigen der „konventionellen“ Bearbeitungsvariante. Die unterschiedliche Bodenfeuchte in den Varianten spiegelte sich in der Luftfeuchte an der Bodenoberfläche wider. In der „Strohmulchvariante“ wurde die höchste, im „Senf“ die niedrigste Luftfeuchte an der Bodenoberfläche gemessen (Abb. 4.71). Es zeigten sich aber 1999 keine deutlichen Unterschiede in der Größe der Ackerbohnen. Bis Ende Juni waren sogar die Pflanzen in der „konventionellen“ Variante geringfügig größer als diejenigen der beiden Mulchsaatvarianten. Die Bodenfeuchte war in diesem Zeitraum in den „konventionell“ behandelten Parzellen höher als in den Mulchvarianten, im „Stroh“ dabei höher als im „Senf“ (Abb. 4.74). Ab Anfang Juli waren die Pflanzen der „Senf“-Variante größer als diejenigen der „konventionellen“ und der „Stroh“-Variante (Abb. 4.65 u. 4.66). Die Entwicklung der Pflanzenhöhe war 1997 mit 1999 vergleichbar: Bis Ende Juni 1997 waren die Pflanzen der „konventionellen“ Variante geringfügig größer als diejenigen der „Strohmulch“-Variante, von Anfang Juli bis Anfang August wuchsen die Pflanzen der „Stroh“-Parzellen höher als die der „konventionell“ bearbeiteten Flächen (Abb. 4.58 u. 4.59). Im Versuchsjahr 2000 bot sich ein vergleichbares Bild mit 1997 und 1999.

## 4.4 Klima

### Mikroklima in gemulchter und ungemulchter Variante - Vergleich der Versuchsjahre 1998-2000

Der Einfluss des Mulchens (Strohmulch u. Zwischenfrucht) auf das Mikroklima im Bestand war von der Tageszeit, der fortschreitenden Vegetationsentwicklung und von den allgemeinen Wetterbedingungen (wie Tageshöchsttemperaturen, Niederschlagsmenge, s. Anhang: Kap. 9.4.4-Kap. 9.4.7, Agrarmeteorologische Wochenberichte S. A47-A58) abhängig. In den Pflanzenentwicklungs-Phasen I-IV (s. Tab. 4.47 in Kap. 4.3.1) nahmen sowohl die Höhe der Kulturpflanzen zu als auch die allgemeine Lufttemperatur im Jahresverlauf von Frühjahr bis Spätsommer/Herbst (Abb. A.6, A.10, A.15 u. A.20 im Anhang).



Man kann die 3 Bodenbearbeitungsvarianten in Bezug auf das Mikroklima in verschiedener Hinsicht zeitlich vergleichen. Zunächst wurden die Variantenunterschiede im Jahresverlauf unter Einbeziehung der Witterung und der Kulturpflanzenentwicklung betrachtet. Die allgemein herrschenden Wetterbedingungen, die auf alle 3 Bearbeitungsvarianten gleichermaßen einwirkten, wurden zum einen in der kontinuierlichen Abfolge der Monate, mit ihrer jahreszeitlichen und Versuchsjahres-spezifischen Änderung von Temperatur und Luftfeuchte, betrachtet (Kap. 4.4.1, Abb. 4.68-4.71, Abb. A2-A5 im Anhang, Tab. A7-A24, s. auch Zusf. Kap. 4.4.1.5.1). Zum anderen wurden Temperatur- und Feuchtigkeitskategorien gebildet, die monatsübergreifend sein konnten und die Versuchsjahre besser vergleichbar machten (Kap. 4.4.2, Abb. 4.75-4.78, s. auch Zusf. Kap. 4.4.2.1). Schließlich wurden die Varianten im tageszeitlichen Verlauf unter Einbeziehung der Kulturpflanzenentwicklung verglichen (Kap. 4.4.2.2, Abb. 4.79-4.84).

#### 4.4.1 Mikroklimatischer Variantenvergleich im Jahresverlauf unter Einbeziehung der allgemeinen Wetterbedingungen

##### 4.4.1.1 Lufttemperatur in der „Stroh“-Variante

In allen 3 Versuchsjahren 1998-2000 (Abb. 4.69 u. 4.70, Abb. A2 im Anhang) war die Lufttemperatur (in beiden Messhöhen: Bodenoberfläche, 70%ige Vegetationshöhe) in der mit „**Stroh**“ gemulchten Variante durchweg **geringer** als in der „konventionellen“ Variante. Bei Messung an der Bodenoberfläche wurde dabei eine größere Differenz ermittelt als in 70%iger Vegetationshöhe.

Die kühlende Wirkung der „Strohschicht“ gegenüber der „konventionellen“ Bodenbearbeitung war bei hohen mittleren Tagestemperaturen, hoher Globalstrahlung und geringer relativer Luftfeuchtigkeit am größten, ebenso am größten bei hohem Kulturpflanzenbestand (Phase III-IV) (Abb. 4.68 u. 4.69, Anhang: Tab. A.7 u. A.8, Abb. A.2). Bei verhältnismäßig kühler Witterung, kaum Sonne und zeitweisen Niederschlägen zeigte die „Strohmulch“ aber auch einen leichten **temperaturerhöhenden** Effekt im Vergleich zur ungemulchten Variante, hier vor allem bei kleinen Kulturpflanzen (Phase I-II + Phase V), aber auch in Phase III (Tab. A.7 u. A.9 im Anhang). Der kühlende Effekt war allerdings um ein Vielfaches größer als die wärmende Wirkung (Anhang: Tab. A.7-A.9).

Die Wirkung der „Strohmulchschicht“ auf die Lufttemperatur im Bestand (in beiden Messhöhen) lässt sich also wie folgt zusammenfassen:

**Kühlender Lufttemperatureffekt „Stroh“ < „konv“** **Ø 0,4 - 0,8°C; max. 2,1 °C**

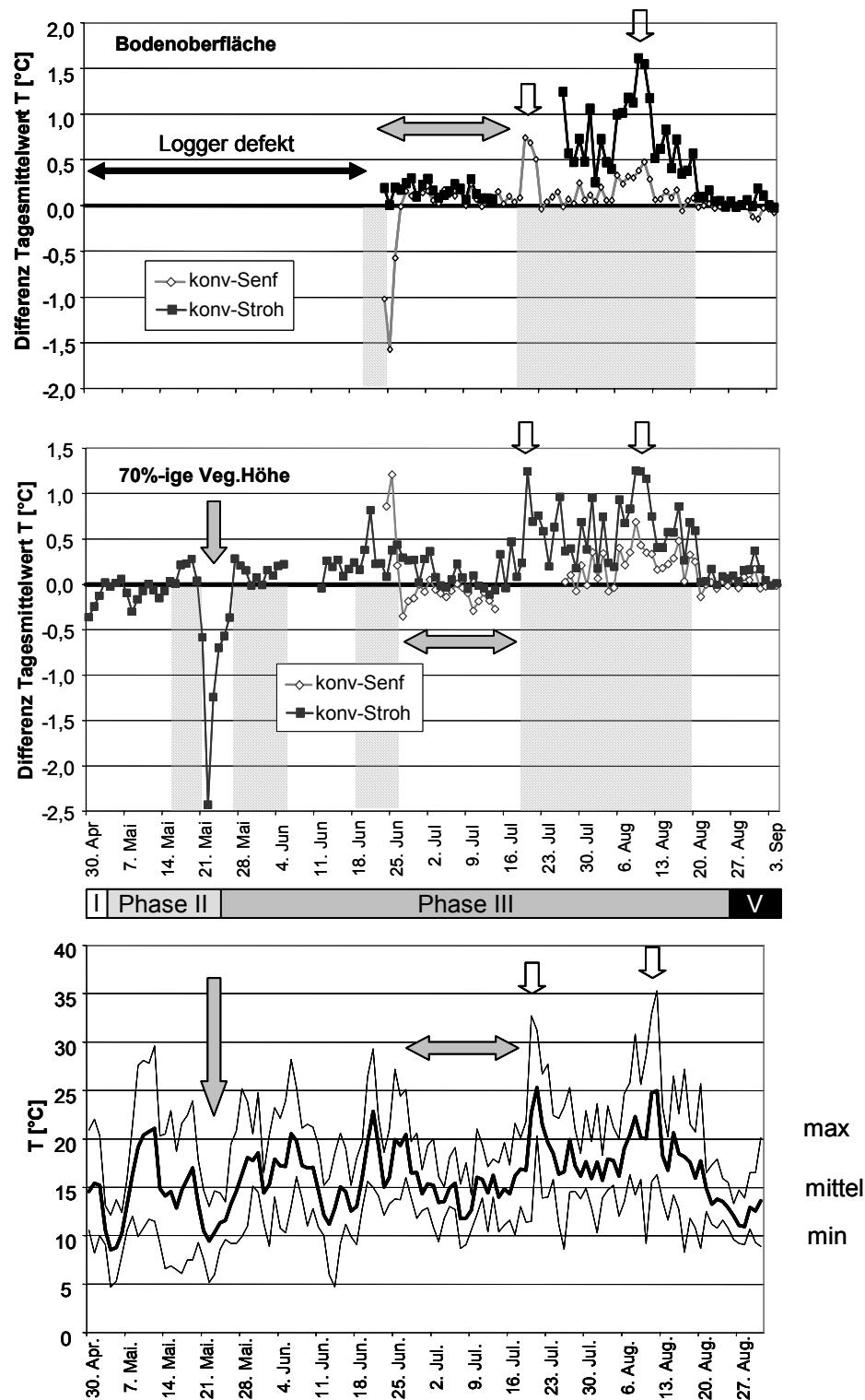
Wenn: Allg. Klimabedingungen: warm, hohe Globalstrahlung, trocken

Höhe Kulturpflanzen: Phase II, vor allem Phase III / IV

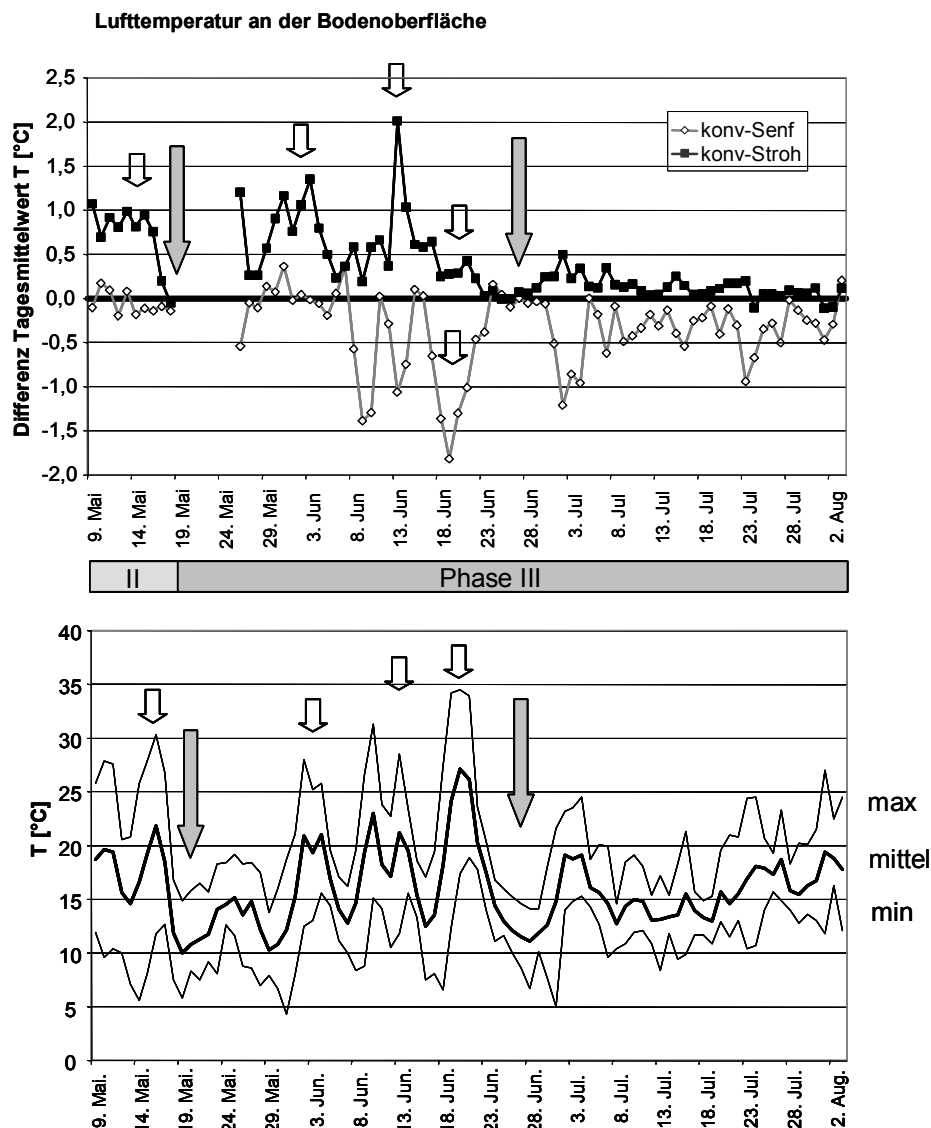
**Wärmender Lufttemperatureffekt „Stroh“ > „konv“** **Ø 0,1 - 0,4°C; max. 2,5 °C**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: kühl, niedrige Globalstrahlung, wechselhaft

Höhe Kulturpflanzen: Phase I + II (III) oder V



**Abb. 4.68:** Logger 1998: Ackerbohne; Lufttemperatur an der Bodenoberfläche (oben) + in 70%iger Vegetationshöhe (Mitte), Variantenvergleich der Tagesmittelwerte. Schraffierte Fläche: warme und trockene Tage; mit Entwicklungsphasen der Ackerbohne (Phase I-V; Erklärung im Text); Wettermast BBA 1998: Lufttemperatur in 2 m Höhe (maximal, mittel, minimal) im Untersuchungszeitraum (unten); weiße Pfeile: Variantenvergleich bei hohen Außentemperaturen (Wettermast), graue Pfeile: Variantenvergleich bei niedrigen Außentemperaturen (Wettermast)



**Abb. 4.69:** Logger 2000: Ackerbohne; Lufttemperatur an der Bodenoberfläche, Variantenvergleich der Tagesmittelwerte; mit Entwicklungsphasen der Ackerbohne (Phase II-III; Erklärung im Text); Wettermast BBA 2000: Lufttemperatur in 2 m Höhe (maximal, mittel, minimal) im Untersuchungszeitraum (unten); weiße Pfeile: Variantenvergleich bei hohen Außentemperaturen (Wettermast), graue Pfeile: Variantenvergleich bei niedrigen Außentemperaturen (Wettermast)

#### 4.4.1.2 Lufttemperatur in der „Senf“-Variante

In der zweiten Mulchsaatvariante „Senf“ war es dagegen, anders als über der Strohschicht, in allen 3 Versuchsjahren grundsätzlich **wärmer** als in der ungemulchten, sprich „konventionellen“, Variante (Abb. 4.68 u. 4.69, Anhang: Tab. A.10 u. A.12, Abb. A.2). Im kühlen Versuchsjahr 1998 war dies wiederum nicht so deutlich wie in den beiden warmen Jahren 1999 und 2000. In geringem Maße hatte die „Senf“-Variante aber auch einen **temperaturausgleichenden** Effekt, vor allem im Versuchsjahr 1998. Dieser war allerdings längst nicht so stark ausgeprägt wie in der „Strohmulch“-Variante. Eine **kühlende** Wirkung zeigte der „Senf“-Mulch vor allem dann, wenn die Temperaturen zwar

warm, aber nicht zu heiß waren (Tab. A.10 u. A.11 im Anhang). Der temperatursenkende Effekt des „Senfmulchs“ war in 70%iger Vegetationshöhe stärker ausgeprägt als an der Bodenoberfläche. Bei wechselhaftem Wetter mit häufigen Niederschlägen und kühlen Temperaturen war es in der „Senf“-Variante vor allem 1998, aber auch 2000, wärmer als in „konventioneller“ Bodenbearbeitung.

Die Wirkung der Zwischenfrucht „Senf“ auf die Lufttemperatur im Bestand (in beiden Messhöhen) lässt sich also wie folgt zusammenfassen:

**Kühlender Lufttemperatureffekt „Senf“ < „konv“** **Ø 0,1 - 0,5 °C; max. 0,9 °C**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: warm, hohe Globalstrahlung, trocken

Höhe Kulturpflanzen: Phase II, vor allem Phase III / IV (V)

**Wärmender Lufttemperatureffekt „Senf“ > „konv“** **Ø 0,1 - 0,8 °C; max. 1,6 °C**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: kühl, niedrige Globalstrahlung, wechselhaft

Höhe Kulturpflanzen: Phase II oder V (Phase III)

**Verstärkung der hohen Außentemperaturen „Senf“ > „konv“** **Ø 0,6 - 0,8 °C; max. 1,8 °C**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: sehr warm, hohe Globalstrahlung, trocken

Höhe Kulturpflanzen: Phase III - IV

#### 4.4.1.3 Bodentemperatur in der „Stroh“- und „Senf“-Variante

Bei der Bodentemperatur zeigten sich grundsätzlich die gleichen Tendenzen wie bei Messung der Lufttemperatur: eine temperatenausgleichende Wirkung der „Strohmulch“ 1998 und 1999, 1998 in geringerem Maße auch der Zwischenfrucht „Senf“ und 1999 eine Verstärkung der äußeren Klimafaktoren im „Senf“ (Anhang: Abb. A.3 u. A.4, Tab. A.13-A.18). Die wärmende Wirkung der „Strohschicht“ bei kühlen Außentemperaturen war allerdings im Boden stärker als in der Luft, besonders deutlich Ende Juni bis Mitte Juli 1998 („Stroh“ > „konv“: Bodentiefe 1 cm: max. 1,6 °C, Ende Juni; Luft 70%ige Veg.-Höhe: max. 0,1 °C, Mitte Juli), ebenso die kühlende Wirkung des „Strohs“ 1999 („Stroh“ < „konv“: Boden 1 cm: Min. 2,7 °C, Mitte Juli; Luft Bodenoberfläche Min. 2 °C, Mitte Juli).

In 1 cm Bodentiefe waren die Temperaturdifferenzen 1999 zwischen ungemulchter („konv“) und mit „Stroh“ und „Senf“ gemulchter Variante im Hochsommer (Mitte Juni bis Mitte August) in hohem Kulturpflanzenbestand (Phase III + IV) größer als in 5 cm Tiefe, zeigten aber den gleichen Verlauf. Im Frühjahr und Frühsommer 1999 dagegen, bei niedrigem Pflanzenbewuchs (Phase I + II), waren die Temperaturunterschiede zwischen „konv“ und Mulchsaat in 5 cm Bodentiefe größer als in 1 cm Bodentiefe (Anhang: Abb. A.4, Tab. A.13-A.18). Bei kühlender bzw. wärmender Wirkung von „Stroh“ und „Senf“ auf die Bodentemperatur galten die gleichen Bedingungen (Allgemeine Klimabedingungen und Höhe der Kulturpflanzen) wie bei Wirkung auf die

Lufttemperatur. Durchschnittstemperaturen und Maximalwerte in beiden Mulchvarianten sind im Folgenden und in Tab. A.13 und A.16 im Anhang zu finden.

Die Wirkung der „Strohmulchschicht“ auf die Bodentemperatur im Bestand (in beiden Messtiefen) lässt sich also wie folgt zusammenfassen:

**Kühlender Bodentemperatureffekt „Stroh“ < „konv“** **Ø 0,7 - 2,1 °C; max. 2,7 °C**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: warm, hohe Globalstrahlung, trocken

Höhe Kulturpflanzen: Phase I-IV, vor allem Phase III / IV

**Wärmender Bodentemperatureffekt „Stroh“ > „konv“** **Ø 0,2 - 0,9 °C; max. 1,6 °C**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: kühl, wechselhaft

Höhe Kulturpflanzen: Phase I + III

Die Wirkung der Zwischenfrucht „Senf“ auf die Bodentemperatur im Bestand (in beiden Messtiefen) lässt sich also wie folgt zusammenfassen:

**Kühlender Bodentemperatureffekt „Senf“ < „konv“** **Ø 0,8 - 5,1 °C; max. 7,0 °C**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: warm, hohe Globalstrahlung, trocken

Höhe Kulturpflanzen: Phase I-III, vor allem Phase III / IV

**Wärmender Bodentemperatureffekt „Senf“ > „konv“** **Ø 0,0 - 1,2 °C; max. 1,3 °C**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: kühl, niedrige Globalstrahlung, wechselhaft

Höhe Kulturpflanzen: Phase I + II oder V (Phase III)

**Verstärkung der hohen Außentemperaturen „Senf“ > „konv“** **Ø 0,6 - 1,8 °C; max. 3,6 °C**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: warm, hohe Globalstrahlung, trocken oder feucht

Höhe Kulturpflanzen: Phase III / IV

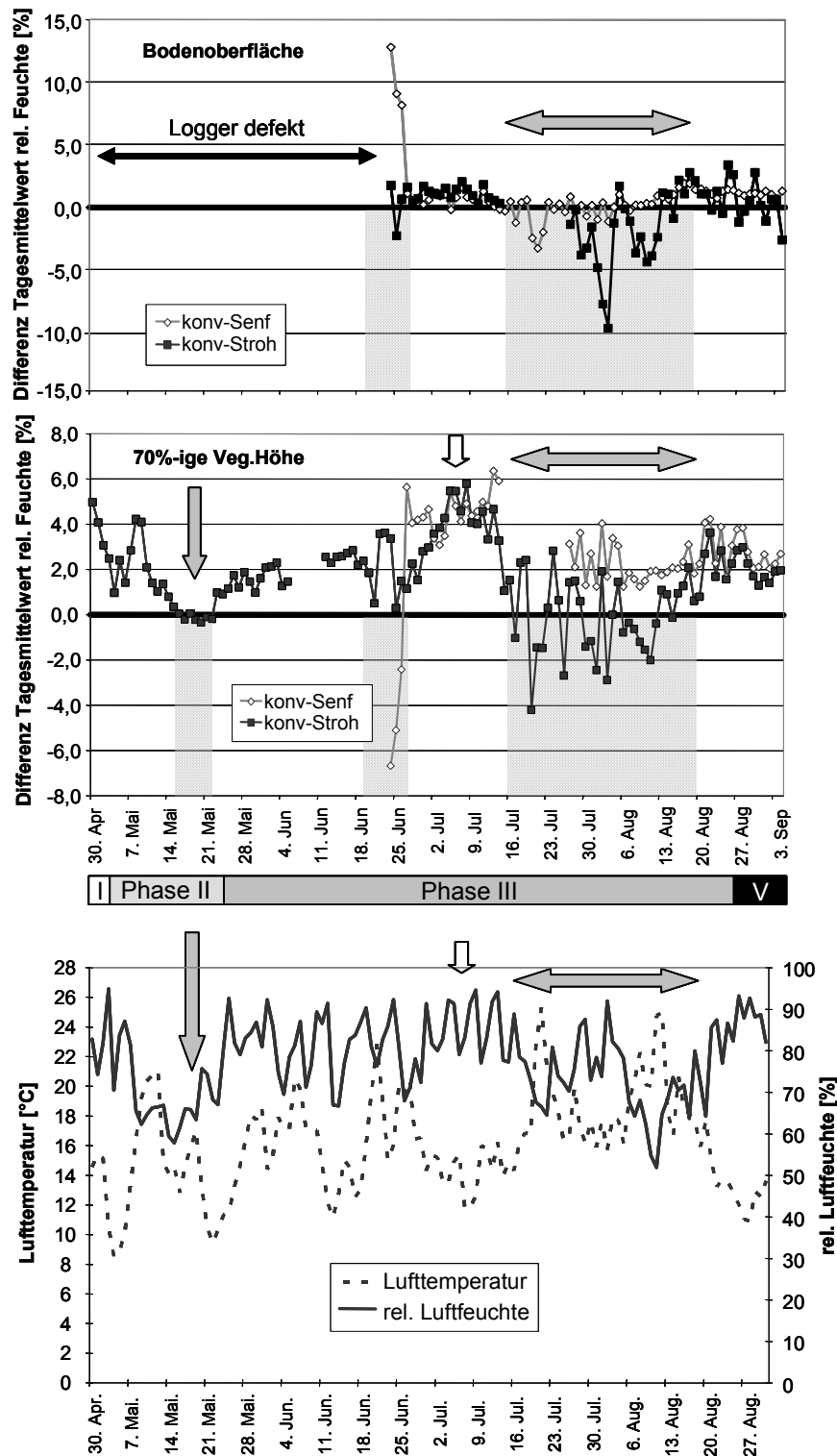
**Verstärkung der niedrigen Außentemperaturen „Senf“ < „konv“** **Ø 0,4 - 4,0 °C; max. 4,6 °C**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: kühl, niedrige Globalstrahlung, wechselhaft, feucht

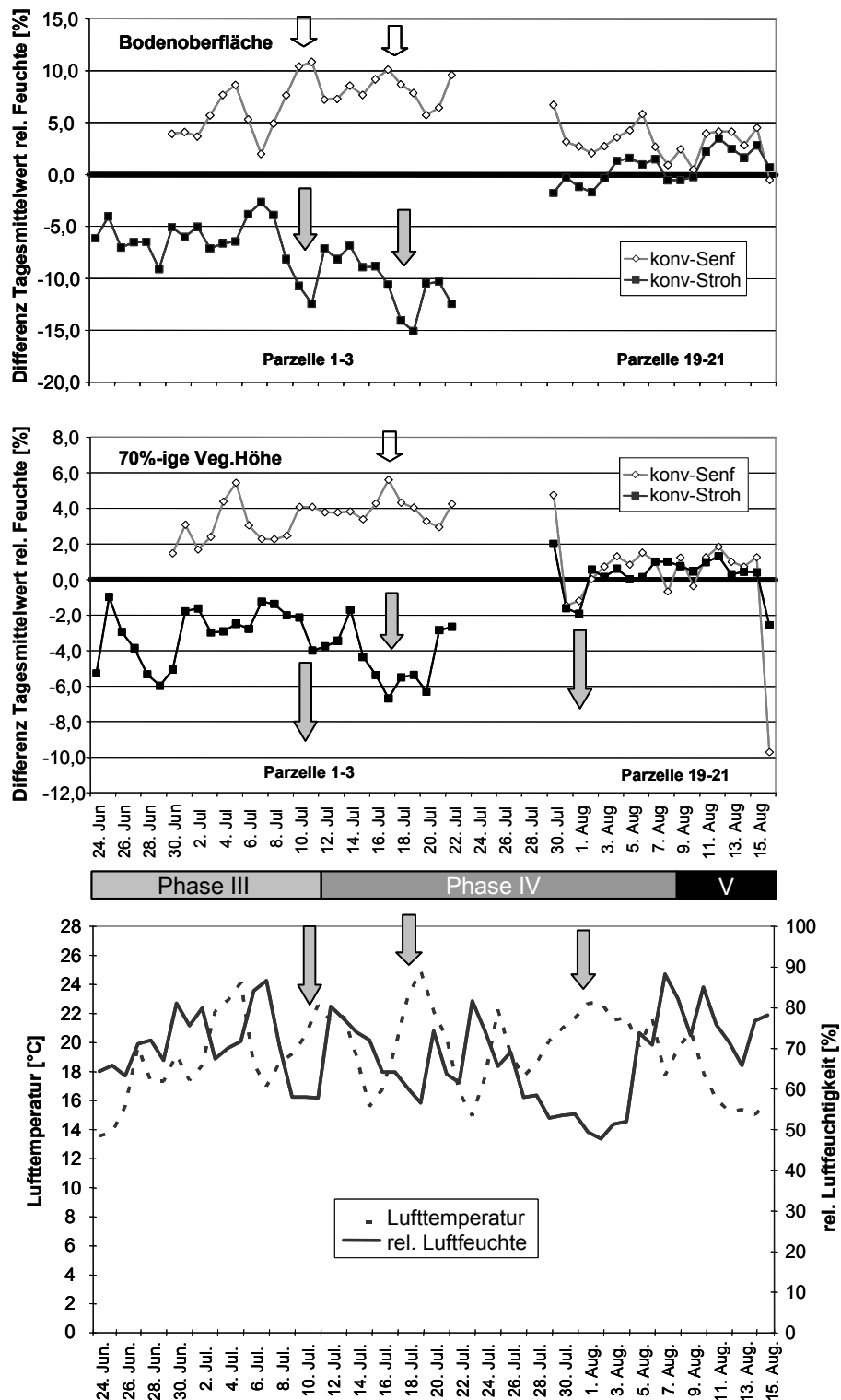
Höhe Kulturpflanzen: Phase I-III



## 4.4.1.4 Relative Luftfeuchtigkeit



**Abb. 4.70:** Logger 1998: relative Luftfeuchtigkeit an der Bodenoberfläche + in 70%iger Vegetationshöhe, Variantenvergleich der Tagesmittelwerte. Schraffierte Fläche: warme und trockene Tage; mit Entwicklungsphasen der Ackerbohne (Phase I-V; Erklärung im Text); Wettermast BBA 1998: relative Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur in 2 m Höhe (Tagesmittelwerte) im Untersuchungszeitraum; weiße Pfeile: Variantenvergleich bei hoher rel. Luftfeuchte und niedrigen Außentemperaturen (Wettermast), graue Pfeile: Variantenvergleich bei niedriger rel. Luftfeuchte und hohen Außentemperaturen (Wettermast)



**Abb. 4.71:** Logger 1999: Ackerbohne; relative Luftfeuchtigkeit an der Bodenoberfläche + in 70%iger Vegetationshöhe, Variantenvergleich der Tagesmittelwerte; mit Entwicklungsphasen der Ackerbohne (Phase III-V; Erklärung im Text); Wettermast BBA 1999: relative Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur in 2 m Höhe (Tagesmittelwerte) im Untersuchungszeitraum; weiße Pfeile: Variantenvergleich bei hoher rel. Luftfeuchte und niedrigen Lufttemperaturen (Wettermast), graue Pfeile: Variantenvergleich bei niedriger rel. Luftfeuchte und hohen Lufttemperaturen (Wettermast)

### Relative Luftfeuchtigkeit in der „Stroh“-Variante

Der „Strohmulch“ zeigte, wie bei der Temperatur, so auch bei der Feuchte eine klimaausgleichende Wirkung (Abb. 4.70 u. 4.71). Die relative Luftfeuchtigkeit war bei trockenem, sonnigem Wetter und hoher Lufttemperatur in der „Stroh“-Variante gegenüber der „konventionellen“ Bodenbearbeitung erhöht. Je höher die Globalstrahlung und die Temperatur, umso stärker zeigte sich diese Wirkung des „Strohs“, also vor allem deutlich in den beiden allgemein warmen und trockenen Versuchsjahren 2000 und besonders 1999. An der Bodenoberfläche waren die Feuchte-Differenzen zwischen „Stroh“ und „konventionell“ deutlich größer als bei Messung in 70%iger Vegetationshöhe. Bei starken Niederschlägen und geringen Temperaturen war es in der „strohbedeckten“ Variante trockener als in „konventionell“ behandelten Parzellen. Die trocken haltende Wirkung des „Strohmulchs“ war 1998 in 70%iger Vegetationshöhe größer als direkt an der Bodenoberfläche.

Die Wirkung der „Strohmulchschicht“ auf die relative Luftfeuchtigkeit im Bestand (in beiden Messhöhen) lässt sich also wie folgt zusammenfassen:

#### **Feucht haltender Effekt (Erhöhung d. Luftfeuchte) „Stroh“ > „konv“    $\bar{x}$ 1,5 - 8°%; max. 15 %**

Wenn: Allg. Klimabedingungen:            warm, hohe Globalstrahlung, trocken

Höhe Kulturpflanzen:                    Phase III (+II)

#### **Trocken haltender Effekt (Herabsetzung d. Luftfeuchte) „Stroh“ < „konv“**

**$\bar{x}$  1 - 2 %; max. 6 %**

Wenn: Allg. Klimabedingungen:            kühl, niedrige Globalstrahlung, hohe Luftfeuchte +  
Niederschlag

Höhe Kulturpflanzen:                    Phase I + II oder V (Phase III)

### Relative Luftfeuchtigkeit in der „Senf“-Variante

Die Variante mit Zwischenfrucht „Senf“ zeigte, wie auch schon beim Temperaturregime, nur ansatzweise eine klimaausgleichende Wirkung (Abb. 4.70 u. 4.71). Eine feuchtigkeitskonservierende Wirkung des „Senf“-Mulchs zeigte sich lediglich im kühlen, feuchten Versuchsjahr 1998, nicht im trockenen, sehr warmen Sommer 1999. Die Wirkung der „Senfpflanzen“ war dabei um ein Vielfaches geringer als die „Strohschicht“. Bei hohen Temperaturen und starker Sonneneinstrahlung trockneten die „Senf“-Parzellen sogar noch stärker aus als die ungemulchte („konv“) Variante, vor allem 1999. Die abschirmende Wirkung der „Senfpflanzen“ war allerdings 1998 wie im „Stroh“ zu erkennen, d. h., bei Niederschlag war es in den mit „Senf“ gemulchten Parzellen trockener als in den „konventionell“ behandelten (Abb. 4.70).

Die Wirkung der Zwischenfrucht „Senf“ auf die relative Luftfeuchtigkeit im Bestand (in beiden Messhöhen) lässt sich also wie folgt zusammenfassen:

**Feucht haltender Effekt (Erhöhung d. Luftfeuchte) „Senf“ > „konv“      ø 2 - 5 %; max. 7 %**

Wenn: Allg. Klimabedingungen:      warm, hohe Globalstrahlung, trocken  
           Höhe Kulturpflanzen:          Phase III / IV

**Trocken haltender Effekt (Herabsetzung d. Luftfeuchte) „Senf“ < „konv“      ø 2 - 4 %; max. 7 %**

Wenn: Allg. Klimabedingungen:      kühl, niedrige Globalstrahlung, hohe Luftfeuchte +  
    Niederschlag  
           Höhe Kulturpflanzen:          Phase I + II oder V (Phase III)

**Verstärkung der hohen „Außenfeuchtigkeit“ „Senf“ > „konv“**

   ø 1,4 % (Phase II-III), ø 0,5 - 10 % (Phase V); max. 10 %

Wenn: Allg. Klimabedingungen:      kühl, hohe Luftfeuchte + sehr hoher Niederschlag  
           Höhe Kulturpflanzen:          Phase II + V

**Verstärkung der hohen „Außentrockenheit“ „Senf“ < „konv“      ø 3 – 7 %; max. 11 %**

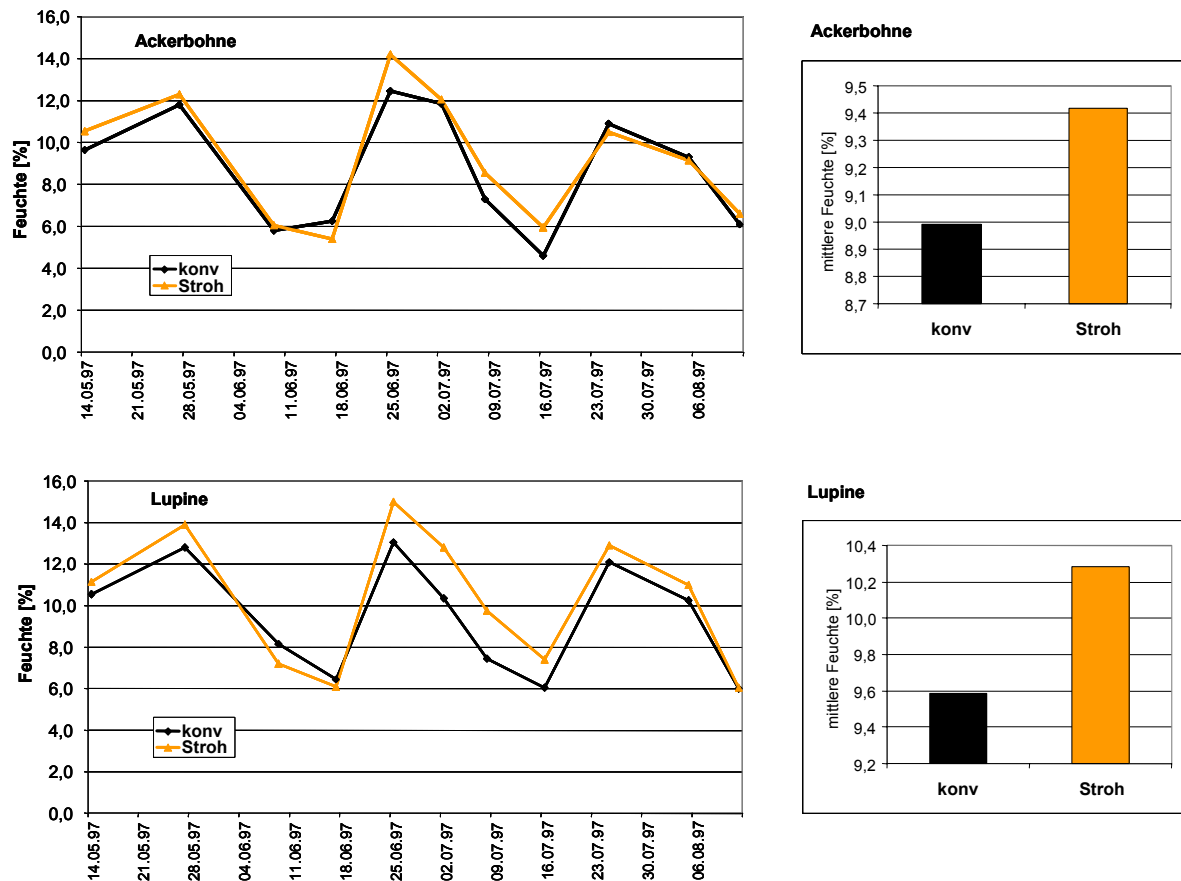
Wenn: Allg. Klimabedingungen:      sehr warm, hohe Globalstrahlung, trocken  
           Höhe Kulturpflanzen:          Phase II-IV

#### 4.4.1.5 Bodenfeuchte in der „Stroh“- und „Senf“-Variante

##### Gravimetrische Wassergehaltsbestimmung des Bodens 1997

Die Bodenfeuchte lag 1997 in **Ackerbohne** in der „Stroh“-Variante von Mitte Mai bis Mitte August durchweg um etwa 1 % höher als in der konventionell bearbeiteten Variante (Abb. 4.72, oben), in **Lupine** sogar um etwa 1 bis 2 % (Abb. 4.72, unten).

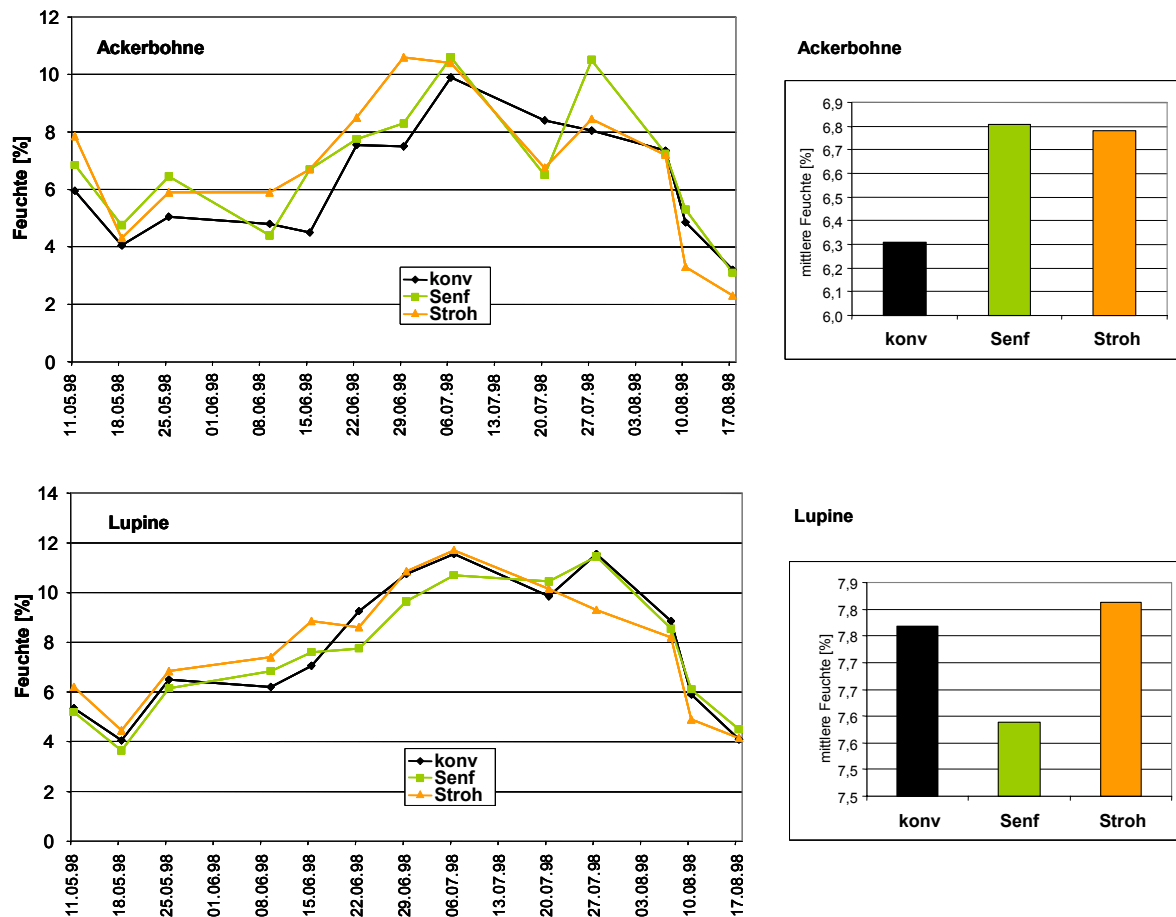
An den Tagen, an denen in der „Strohmulch“-Variante geringere Bodenfeuchte als in „konventioneller“ Bodenbearbeitung gemessen wurde, war es in vielen Fällen kühl, der Himmel war bedeckt, oder es gab Gewitter mit schauerartigen, teilweise ergiebigen Niederschlägen (s. Anhang: Kap. 9.4.4-Kap. 9.4.7, Agrarmeteorologische Wochenberichte S. A47-A58).



**Abb. 4.72:** Bodenfeuchte 1997: Ackerbohne und Lupine; Gravimetrische Wassergehaltsbestimmung des Bodens in gemulchter („Stroh“) und ungemulchter („konv“) Variante; links: zeitlicher Verlauf, rechts: Mittelwert des gesamten Messzeitraumes

### Gravimetrische Wassergehaltsbestimmung des Bodens 1998

Die Bodenfeuchte lag 1998 in **Ackerbohne** in den beiden Mulchsaatvarianten durchweg um 1 bis 2 % über der Feuchte in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung (Abb. 4.73, oben), wobei „Stroh“ und „Senf“ sich nicht erheblich unterschieden, sondern an manchen Terminen im „Stroh“ die höhere Bodenfeuchte zu verzeichnen war, an anderen wieder im „Senf“, ohne erkennbares zeitliches Muster.

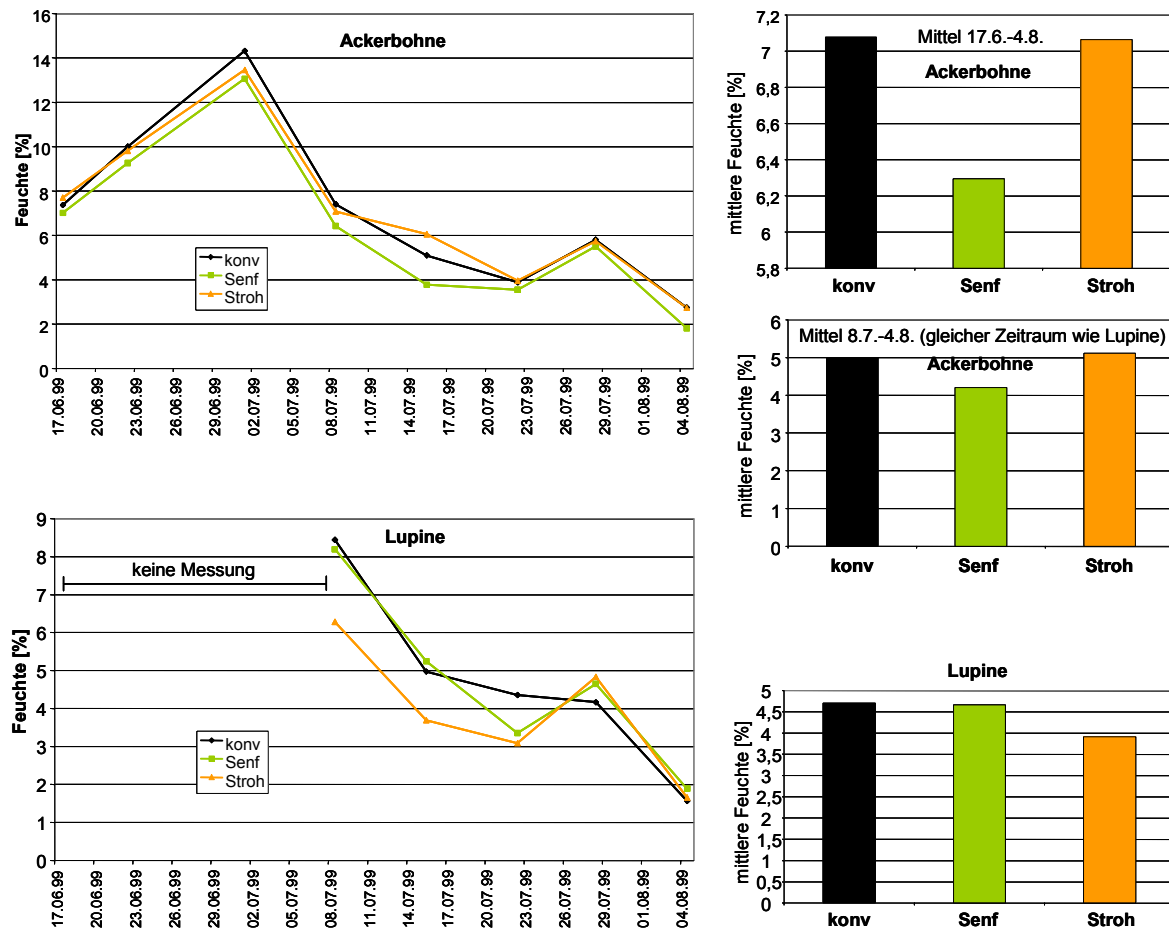


**Abb. 4.73:** Bodenfeuchte 1998: Ackerbohne und Lupine; Gravimetrische Wassergehaltsbestimmung des Bodens in den 3 Varianten; links: zeitlicher Verlauf, rechts: Mittelwert des gesamten Messzeitraumes

In der **Lupinen**-Kultur dagegen lag die Bodenfeuchte 1998 bis Mitte Juli im „Stroh“ immer um 0,5 bis 1 % oberhalb der „Senf“-Variante und auch über der Bodenfeuchte in der „konventionellen“ Bodenbearbeitungsvariante (Abb. 4.73, unten). Ab Ende Juli bis Mitte August war die Bodenfeuchte im „Stroh“ unterhalb derjenigen in „konv“ und „Senf“, wobei „konv“ und „Senf“ fast die gleichen Werte aufwiesen.

### Gravimetrische Wassergehaltsbestimmung des Bodens 1999

Im sehr warmen und trockenen Versuchsjahr 1999 hatte das Mulchen zunächst so gut wie keinen konservierenden Effekt auf die Bodenfeuchte. Es war sogar im Gegenteil in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung feuchter als in „Stroh“- und „Senf“-Parzellen (Abb. 4.74).



**Abb. 4.74:** Bodenfeuchte 1999: Ackerbohne und Lupine; Gravimetrische Wassergehaltsbestimmung des Bodens in den 3 Varianten; links: zeitlicher Verlauf, rechts: Mittelwert des gesamten Messzeitraumes

In Ackerbohne war die Zwischenfrucht die trockenste Variante, in der Lupinen-Kultur war es die „Strohmulch“-Variante. Erst Mitte (Ackerbohne) bzw. ab Ende Juli (Lupine) zeigte die „Strohschicht“ doch eine um bis zu 1 % höhere Bodenfeuchte als die „konventionelle“ Bodenbearbeitung.

#### **4.4.1.5.1 Zusammenfassende Darstellung des mikroklimatischen Variantenvergleichs im Jahresverlauf unter Einbeziehung der allgemeinen Wetterbedingungen**

##### **Lufttemperatur**

„**Stroh**“ zeigte vornehmlich eine temperatursenkende (bis zu 2 °C) Wirkung bei hoher Sonneneinstrahlung und hohen Temperaturen, aber auch eine leicht temperaturerhöhende (0,1-0,4 °C, max. 2,5 °C) bei kühlem Wetter im Vergleich zur „konventionellen“ Bearbeitungsvariante. Man kann also sagen, dass die Strohschicht temperaturneutral wirkte, hauptsächlich kühlend.

„**Senf**“ zeigte nur ansatzweise die temperaturneutralisierende Wirkung der „Strohmulch“-Schicht; die „Senfpflanzen“ zeigten einen kühlenden Effekt (max. 0,4-0,9 °C) bei warmer, aber nicht zu heißer Witterung, einen wärmenden Effekt (0,2-0,8 °C, max. 1,6 °C) an kühlen Tagen. In den meisten Fällen spiegelte die Zwischenfrucht die allgemein herrschenden Witterungsbedingungen wider, ja verstärkte sie noch im Vergleich zur ungemulchten („konventionellen“) Variante, d. h., es war im „Senf“ an sehr warmen Tagen wärmer (max. 1,6-1,8 °C) als in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung.

##### **Bodentemperatur**

Auch bei der Bodentemperatur zeigte der „**Strohmulch**“ eine temperaturneutralisierende Wirkung: bei kühlen Tagestemperaturen war es unter der „Strohschicht“ wärmer (max. 1,6 °C), bei hoher Sonneneinstrahlung und hohen Tagestemperaturen „kühler“ (max. 2,7 °C) als in der „konventionellen“, ungemulchten Variante. Die kühlende Wirkung des „Strohs“ war dabei stärker als die temperaturerhöhende. 1998 waren die Ergebnisse nicht so deutlich wie 1999.

Für die Bodentemperatur galt in der Zwischenfrucht-Variante „Senf“ in noch verstärktem Maße die gleiche Aussage wie für die Lufttemperatur: „**Senf**“ zeigte nur ansatzweise eine temperaturneutralisierende Wirkung. In den meisten Fällen spiegelte die Zwischenfrucht die allgemein herrschenden Witterungsbedingungen wider. Besonders bei hohen Tagestemperaturen und hoher Sonneneinstrahlung, aber auch an kühlen Tagen, wurden die äußeren Wetterbedingungen durch den „Senfmulch“ im Vergleich zur ungemulchten („konventionellen“) Variante noch verstärkt. An einigen Tagen zeigte die Zwischenfrucht allerdings auch eine kühlende Wirkung von durchschnittlich 0,8-5,1 °C und auch einen geringen wärmenden Effekt.

Die grundsätzlichen Tendenzen, die sich in 1 cm Bodentiefe zeigten, waren 1999 in beiden Mulchvarianten „Stroh“ und „Senf“ in etwas abgeschwächter Form auch in 5 cm Bodentiefe wiederzufinden.

##### **Relative Luftfeuchtigkeit**

„**Stroh**“ erhöhte die relative Luftfeuchtigkeit bei hoher Sonneneinstrahlung, hoher Lufttemperatur und geringer allgemeiner Luftfeuchte. Die feuchtigkeitshaltende Wirkung der Strohschicht trat vor allem in den allgemein warmen und trockenen Versuchsjahren 1999 und 2000, insbesondere im sehr warmen Jahr 1999, in Erscheinung. Je höher die Globalstrahlung und die Temperatur, umso stärker zeigte sich diese Wirkung der „Strohmulch“-Schicht. Es



wurde in den „Stroh“-Parzellen eine bis zu 15 % höhere relative Luftfeuchte im Vergleich zu „konv“ gemessen. Bei starken Niederschlägen und kühlen Temperaturen war es in den „Stroh“-Parzellen trockener als in der „konventionellen“ Variante (1-2 %, max. 6 %).

In Bezug auf die relative Luftfeuchtigkeit zeigte die Zwischenfrucht „**Senf**“ die gleiche Wirkung wie bei der Lufttemperatur: Lediglich im kühlen, niederschlagsreichen Versuchsjahr 1998 hatten die Senfpflanzen im Hochsommer eine feuchtigkeitskonservierende Wirkung (max. 7 %), wenn auch längst nicht im gleichen Ausmaß wie die „Strohschicht“. Im trockenen, warmen Versuchsjahr 1999 trockneten die „Senf“-bestandenen Parzellen bei Sonneneinstrahlung sogar noch stärker aus als die ungemulchten („konv“) Flächen. Bei kühlem Regenwetter war es in den „Senf“-Parzellen dagegen feuchter als in „konv“-Parzellen.

### **Bodenfeuchte**

Die durch gravimetrische Wassergehaltsbestimmung ermittelte Bodenfeuchte lag in beiden Mulchvarianten „**Stroh**“ und „**Senf**“ 1997 und 1998 in Ackerbohne und Lupine durchweg um etwa 1 bis 2 % **höher** als in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung, an manchen Terminen aber auch darunter. Im „Stroh“ war es oft um etwa 1 % feuchter als im „Senf“. An den Tagen, an denen in den mit „Stroh“ oder „Senf“ gemulchten Parzellen eine geringere Bodenfeuchte als in „konventioneller“ Bearbeitung gemessen wurde, war es in vielen Fällen bedeckt und kühl oder es gab schauerartige, teilweise ergiebige Niederschläge.

### **Allgemeine Aussagen**

- Die Wirkung der Mulchsaat auf das Mikroklima im Bestand war direkt an der Bodenoberfläche größer als in 70%iger Vegetationshöhe, d. h., am Boden wurden größere Temperatur- und Feuchteunterschiede gemessen als in der Mitte des Pflanzenbestandes.
- Die Temperatur- und Feuchteunterschiede in Luft und Boden waren von der Jahreszeit (Temperatur und / oder der zunehmenden Pflanzenentwicklung) abhängig.
- Die Pflanzenhöhe, die indirekt durch die Mulchsaat beeinflusst war, hatte, wie auch die allgemein herrschenden Witterungsbedingungen, einen Einfluss auf das Mikroklima im Bestand.

#### 4.4.2 Mikroklimatischer Variantenvergleich nach Temperaturkategorien der Tageshöchsttemperaturen

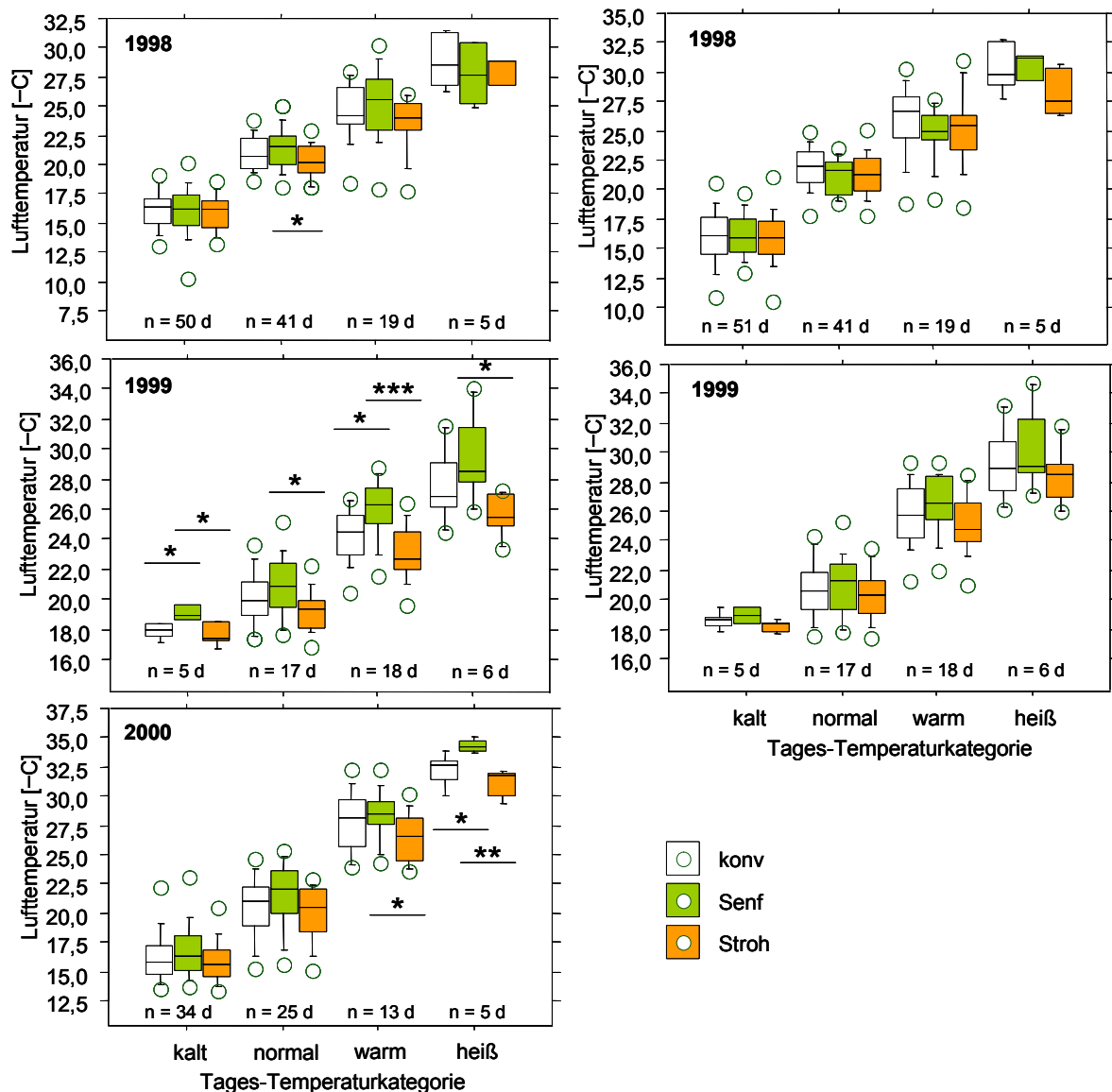
Die Versuchsjahre 1999 und 2000 waren sich bei den Ergebnissen zur Wirkungsweise der 3 Bodenbearbeitungsvarianten sehr ähnlich. Beide Jahre waren im Vergleich zum langjährigen Mittel warm und trocken, 1999 sogar sehr warm und sehr niederschlagsarm. Das Jahr 1998 wich in mancher Hinsicht von den beiden anderen Versuchsjahren ab. Im Vergleich zum langjährigen Mittel war dieses Jahr auch, im Gegensatz zu den beiden folgenden Jahren, regenreich und kühl.

##### Lufttemperatur

In der „**Stroh**“-Variante war es gegenüber den beiden anderen Varianten immer am kühlsen (am Boden:  $\approx 0,9^\circ\text{C}$ , 70%ige Veg.-Höhe:  $0,8^\circ\text{C}$ ). Das galt in allen Versuchsjahren (1998-2000), in allen Temperaturbereichen („kalt“ bis „heiß“) und in beiden Messhöhen (Ausnahme: 1998, „warm“, 70%ige Veg.-Höhe; Abb. 4.75). Am stärksten waren die Unterschiede dabei in den warmen Temperaturbereichen von  $20^\circ\text{C}$  („normal“) bis  $>30^\circ\text{C}$  („heiß“) und wurden stärker, je wärmer der Temperaturbereich wurde. An „heißen“ Tagen hatte die „Strohschicht“ also die größte temperatursenkende Wirkung („Stroh“  $<$  „konv“  $\approx 2^\circ\text{C}$ , 1999 am Boden). Das war am deutlichsten in den beiden trockenen, warmen Versuchsjahren 1999 und 2000, im extrem trockenen Jahr 1999 deutlicher als 2000.

In den „**Senf**“-Parzellen war es in allen Versuchsjahren (1998 - mit Ausnahme der „heißen“ Tage, 1999, 2000) und in allen Temperaturbereichen („kalte“  $= <20^\circ\text{C}$ , „normale“  $= 20-25^\circ\text{C}$ , „warme“  $= 25-30^\circ\text{C}$  und „heiße“  $= >30^\circ\text{C}$  Tage) an der Bodenoberfläche um  $0,5-2^\circ\text{C}$  und in 70%iger Vegetationshöhe bis zu  $1^\circ\text{C}$  wärmer als in „konventioneller“ und „Stroh“-Variante (Abb. 4.75).

Das Versuchsjahr 1998 zeigte etwas abweichende Ergebnisse von den beiden anderen Jahren: Bei Messung der Lufttemperatur an der Bodenoberfläche an „heißen“ Tagen und in 70%iger Vegetationshöhe (Abb. 4.75) in allen Tages-Temperaturkategorien (bei kühleren Tagestemperaturen - „kalt“ u. „normal“ - weniger deutlich als bei wärmeren - „warm“ u. „heiß“): Hier war es nicht im „Senf“, sondern in den „konventionell“ behandelten Parzellen am wärmsten. Die „Senf“-Pflanzen zeigten im feuchten, kühlen Jahr 1998 also, ebenso wie die „Strohschicht“, nur in erheblich geringerem Maße, bei hohen Temperaturen eine kühlende Wirkung. In den beiden warmen, trockenen Versuchsjahren stellte sich die „Senf“-Variante, was die temperaturnausgleichende Wirkung angeht, noch schlechter dar als die ungemulchte („konv“) Variante.



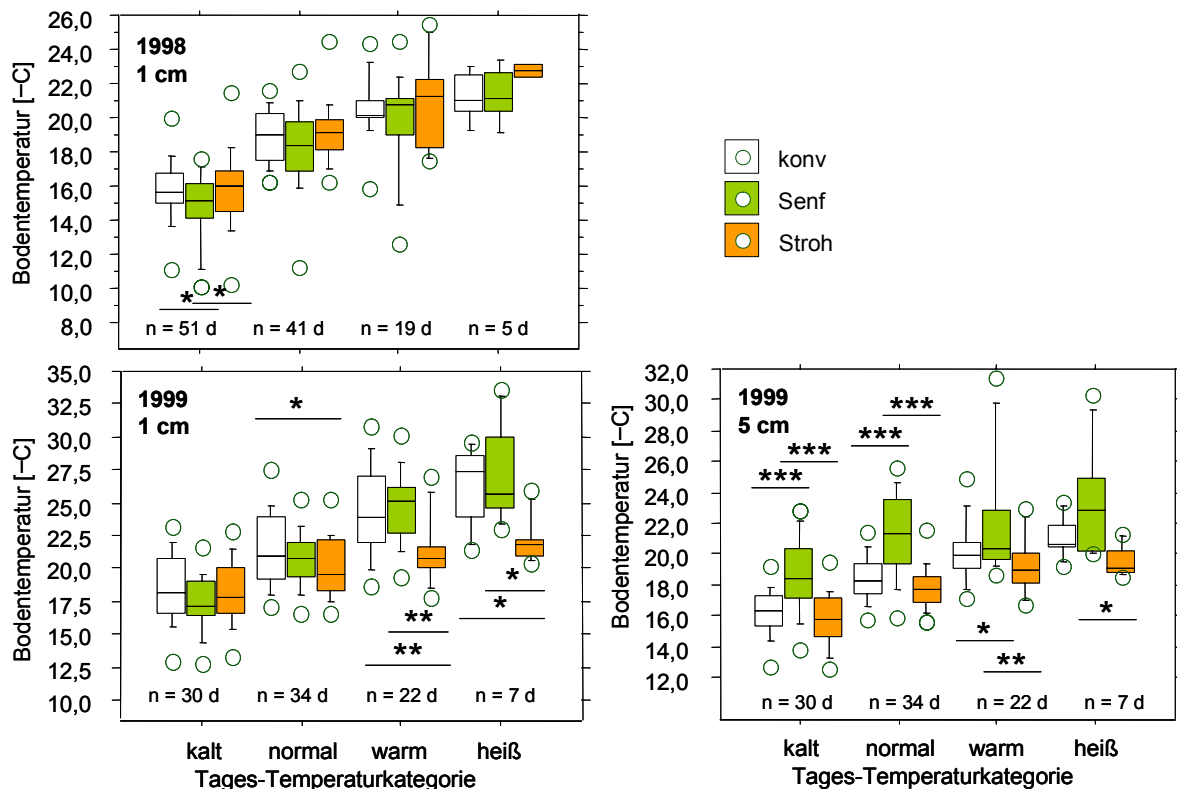
**Abb. 4.75:** Logger 1998-2000: Lufttemperatur an der Bodenoberfläche (links) und in 70%iger Vegetationshöhe (rechts) in °C in den 3 Varianten, nach Tagestemperatur-Kategorien getrennt; "kalt"= $\leq 20^{\circ}\text{C}$ , "normal"= $20-25^{\circ}\text{C}$ , "warm"= $25-30^{\circ}\text{C}$ , "heiß"= $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ; Box Plot. Dargestellt ist der Median, die 75%-Perzentile (Boxumrandung), die 90%-Perzentile (Querstrich) und der Maximalwert (Kreis); n = Anzahl Tage „kalt“, „normal“, „warm“, „heiß“. Signifikanzen nach Fisher's PLSD, Signifikanz-Niveau 5 %;  $>0,05$  n.s.; 0,05 \*; 0,001 \*\*; 0,0001 \*\*\*;  $p=0,05$

In beiden Messhöhen der Lufttemperatur (70%ige Veg.-Höhe, Bodenoberfläche) zeigten sich grundsätzlich die gleichen Ergebnisse; direkt an der Bodenoberfläche waren die Temperaturunterschiede allerdings größer als in 70%iger Vegetationshöhe, und auch teilweise signifikant, v. a. bei höheren Temperaturen und v. a. zwischen „Senf“ und „Stroh“ (Abb. 4.75). In 70%iger Vegetationshöhe traten dagegen keine signifikanten Unterschiede auf.

## Bodentemperatur

### 1 cm Tiefe

In beiden Versuchsjahren 1998 und 1999, in denen die Bodentemperatur in 1 cm Tiefe gemessen wurde, ergaben sich abweichende Ergebnisse von den Messungen der Lufttemperatur; 1998 waren diese in der „Strohmulch“-Variante sogar gegenläufig zur Lufttemperatur (Abb. 4.76): Während die Luft (in beiden Messhöhen) in den mit „**Stroh**“ gemulchten Parzellen in allen Temperaturbereichen von „kalt“ bis „heiß“ kühler als in „konventioneller“ und „Senf“-Variante war, war der Boden in 1 cm Tiefe 1998 unter der „Strohmulch“-Schicht in allen Temperaturbereichen im Variantenvergleich am wärmsten („Stroh“ > „konv“ 0,1 °C [„kalt“] – 1,5 °C [„heiß“]). Besonders deutlich waren die Unterschiede an „warmen“ und „heißen“ Tagen, bei Tageshöchsttemperaturen über 25 °C. 1999 wies die „Stroh“-Variante dagegen, im Gegensatz zum Vorjahr und im Einklang mit den Lufttemperaturwerten in allen Versuchsjahren (1998-2000), in einem Tageshöchstwertbereich von 20 °C bis über 30 °C („normal“ bis „heiß“) die niedrigsten Temperaturwerte in 1 cm Bodentiefe auf („Stroh“ < „konv“: „kalt“:; bei Tageshöchstwerten unter 20 °C („kalt“) zeigte „Stroh“ immer noch gegenüber „konv“ eine temperatursenkende Wirkung, die Zwischenfrucht-Variante „Senf“ war hier aber am kühleren. Die Temperaturunterschiede zwischen „Stroh“ und „konv“ waren 1999 an „normalen“ und „heißen“ Tagen signifikant, an „warmen“ Tagen sogar hoch signifikant. Im Gegensatz zu den Lufttemperaturen 1998-2000 war es 1998 („kalt“ u. „normal“) und 1999 („kalt“, „normal“ u. „heiß“) in 1 cm Bodentiefe in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung im Variantenvergleich am wärmsten, insbesondere auch wärmer als im „Senf“.



**Abb. 4.76:** Logger 1998 / 1999: Bodentemperatur in 1 cm und 5 cm Tiefe in °C in den 3 Varianten, nach Tagestemperatur-Kategorien getrennt; "kalt"= $\leq 20^{\circ}\text{C}$ , "normal"= $20\text{--}25^{\circ}\text{C}$ , "warm"= $25\text{--}30^{\circ}\text{C}$ , "heiß"= $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ; Box Plot. Dargestellt ist der Median, die 75%-Perzentile (Boxumrandung), die 90%-Perzentile (Querstrich) und der Maximalwert (Kreis); n = Anzahl Tage „kalt“, „normal“, „warm“, „heiß“. Signifikanz nach Fisher's PLSD, Signifikanz-Niveau 5 %;  $>0,05$  n.s.; 0,05 \*; 0,001 \*\*; 0,0001 \*\*\*;  $p=0,05$

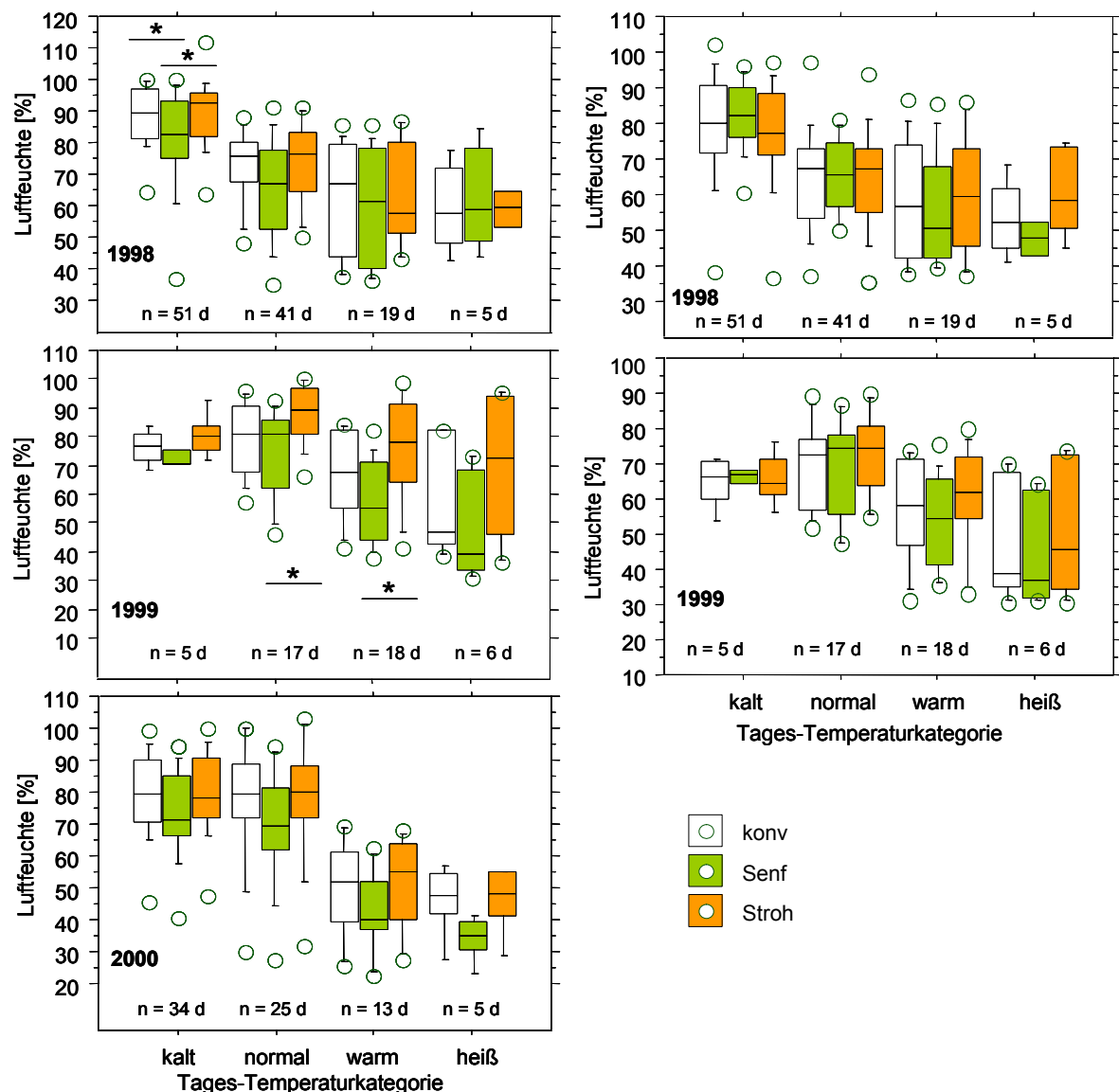
### 5 cm Tiefe

Während die Temperatur in 1 cm Bodentiefe uneinheitliche Ergebnisse lieferte, zeigten sich bei der Bodentemperatur in 5 cm Tiefe 1999 gleiche Tendenzen wie bei der Lufttemperatur in allen Versuchsjahren 1998-2000, sogar noch deutlicher (Abb. 4.76): In der Zwischenfrucht-Variante „Senf“ war es in 5 cm Bodentiefe in allen Temperaturbereichen am wärmsten, unter der „Strohschicht“ am kältesten. Die Unterschiede zwischen „Senf“ und „konv“ waren im Temperaturbereich bis  $30^{\circ}\text{C}$  signifikant, an „kalten“ und „normalen“ Tagen sogar höchst signifikant. Zwischen „Senf“ und „Stroh“ waren die Temperaturunterschiede in allen Temperaturbereichen signifikant bis höchst signifikant. Die „Strohschicht“ hatte die deutlich temperatursenkendste Wirkung an „heißen“ Tagen über  $30^{\circ}\text{C}$ . Dieser Effekt trat besonders gegenüber der „Senf“-Variante zutage, aber auch deutlich gegenüber „konventioneller“ Bearbeitung; allerdings waren die Unterschiede zwischen „Stroh“ und „konv“ nicht signifikant.

### Relative Luftfeuchtigkeit

In allen Temperaturbereichen („kalt“, „normal“, „warm“, „heiß“) und Versuchsjahren war es in Parzellen mit „Strohmulch“-Auflage feuchter als in „konventionell“ behandelten

Flächen (Abb. 4.77). Besonders deutlich waren die Unterschiede an „heißen“ Tagen. Bei „normalen“ bis „heißen“ Tagen war es im „Stroh“ auch feuchter als im „Senf“. Grundsätzlich lässt sich also sagen, dass die Feuchtigkeits-Unterschiede deutlicher zutage traten, je wärmer die Tagestemperaturen waren, bei Tageshöchsttemperaturen über 30 °C sah man die Wirkung der Strohschicht am deutlichsten. Die mittleren Differenzen zwischen den Varianten in den 3 Versuchsjahren waren allerdings unterschiedlich hoch: Zwischen „konv“ und „Stroh“ waren die Unterschiede 1999 am deutlichsten (1998: 0,04-0,9 %; **1999: 4-13 %**; 2000: 0,2-0,9 %), zwischen „konv“ und „Senf“ im Jahr 2000 (1998: 3-8 %; 1999: 4-9,5 %; **2000: 5-12 %**).



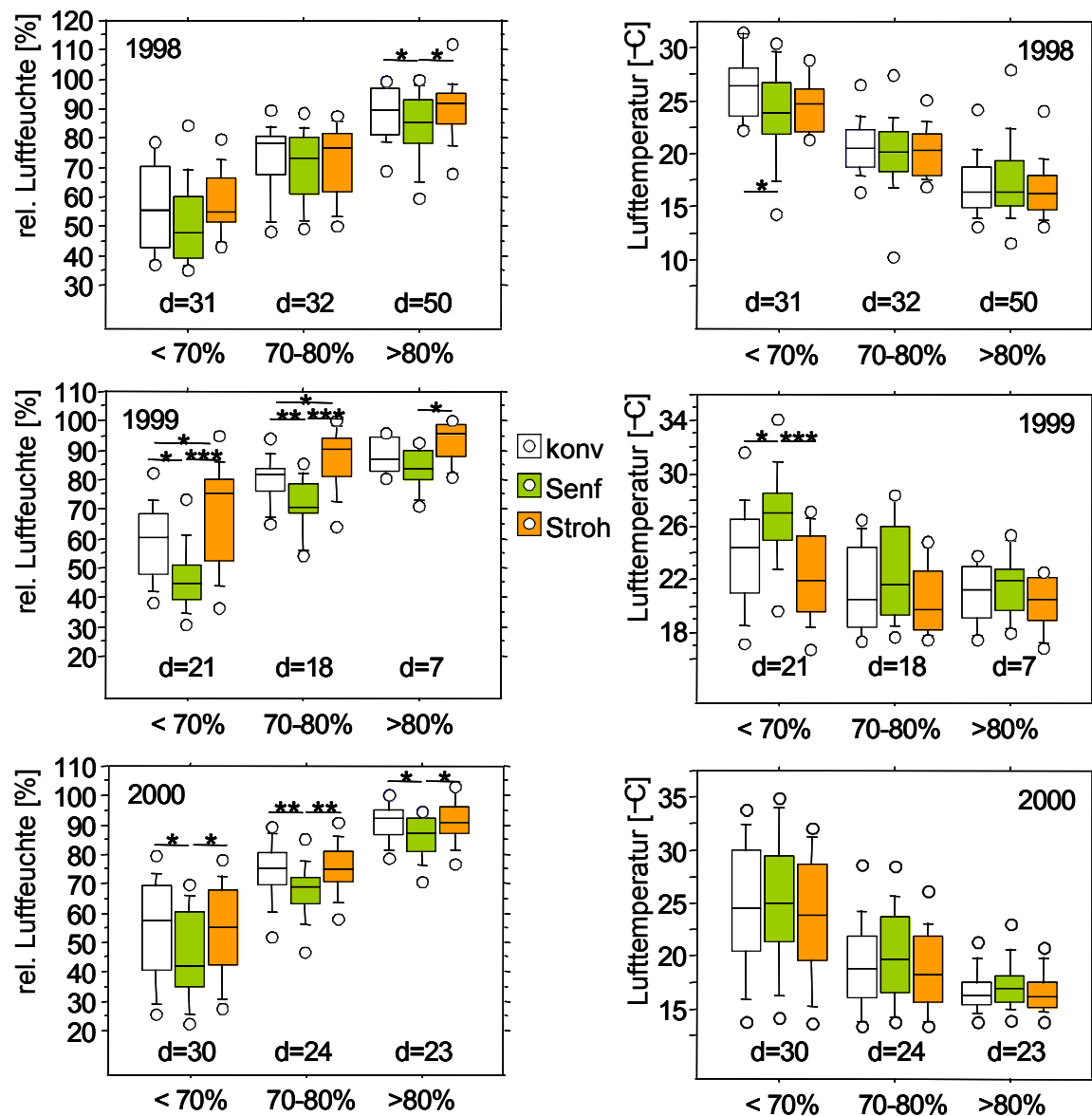
**Abb. 4.77:** Logger 1998-2000: Relative Luftfeuchtigkeit an der Bodenoberfläche (links) und in 70%iger Vegetationshöhe (rechts) in °C in den 3 Varianten, nach Tagestemperatur-Kategorien getrennt; "kalt"= $\leq 20^{\circ}\text{C}$ , "normal"= $20-25^{\circ}\text{C}$ , "warm"= $25-30^{\circ}\text{C}$ , "heiß"= $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ; Box Plot. Dargestellt ist der Median, die 75%-Perzentile (Boxumrandung), die 90%-Perzentile (Querstrich) und der Maximalwert (Kreis); n = Anzahl Tage „kalt“, „normal“, „warm“, „heiß“. Signifikanzen nach Fisher's PLSD, Signifikanz-Niveau 5 %;  $>0,05$  n.s.; 0,05 \*; 0,001 \*\*; 0,0001 \*\*\*,  $p=0,05$

Alle Versuchsjahre, sowohl das feuchte, kühle Jahr 1998 als auch die beiden trockenen, warmen Jahre 1999 und 2000, zeigten die gleichen Tendenzen (Abb. 4.77). Allerdings mit einer Einschränkung im Jahr 1998: hier war an „warmen“ Tagen die „konventionelle“ Bodenbearbeitung die feuchteste Variante, „Stroh“ die trockenste.

Allgemein nahm die Luftfeuchte in allen 3 Varianten mit zunehmender Tageshöchsttemperatur ab, der Unterschied zwischen gemulchten und ungemulchten Flächen nahm jedoch zu.

Signifikante Unterschiede der relativen Luftfeuchtigkeit an der Bodenoberfläche traten lediglich zwischen den beiden Mulchsaatvarianten „Senf“ und „Stroh“ in den Jahren 1998 und 1999 auf. Die Unterschiede in der Luftfeuchtigkeit in 70%iger Vegetationshöhe in den 3 Varianten waren nicht signifikant.

Betrachtet man die Wirkung der Mulchvarianten im Vergleich mit verschiedenen Feuchtigkeitskategorien (Tagesmittelwert <70 %, 70-80 %, >80 %) des Außenklimas, so werden die in den Tagestemperaturkategorien gefundenen Unterschiede noch einmal deutlicher. Es ergaben sich folgende Ergebnisse (Abb. 4.78): Bei geringer und mittlerer relativer Luftfeuchte an der Bodenoberfläche (<70 % bzw. 70-80 %) war es v. a. im sehr warmen und trockenen Jahr 1999 in der „Strohmulch“-Variante feuchter und kühler als in ungemulchten Parzellen (signifikant) und der Variante mit Zwischenfrucht (höchst signifikant).



**Abb. 4.78:** Logger 1998-2000: Relative Luftfeuchtigkeit an der Bodenoberfläche in % (links) und Lufttemperatur an der Bodenoberfläche in °C (rechts) in den 3 Varianten, nach Tages-Luftfeuchte-Kategorien (Tagesmittelwert <70 %, 70-80 %, >80 %) getrennt; Box Plot. Dargestellt ist der Median, die 75 %-Perzentile (Boxumrandung), die 90 %-Perzentile (Querstrich) und der Maximalwert (Kreis); d = Anzahl Tage <70 %, 70-80 %, >80 %. Signifikanzen nach Fisher's PLSD, Signifikanz-Niveau 5 %; >0,05 n.s.; 0,05 \*; 0,001 \*\*; 0,0001 \*\*\*; p=0,05

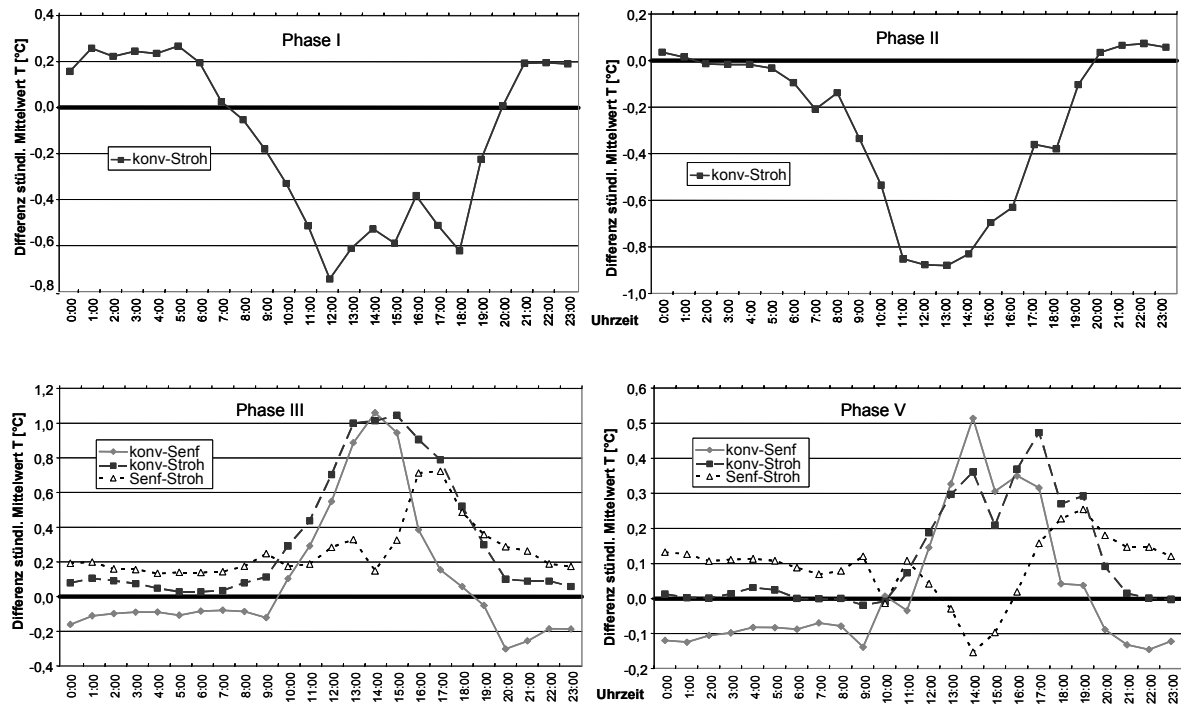


#### **4.4.2.1 Zusammenfassende Darstellung des mikroklimatischen Variantenvergleichs nach Temperaturkategorien der Tageshöchsttemperaturen**

- Die Strohschicht war temperaturnausgleichend und feuchtigkeitskonservierend. Die Zwischenfrucht „Senf“ stellte sich, was das Temperatur- und Feuchtigkeitsregime angeht, noch schlechter dar als eine „konventionell“ bearbeitete Fläche.
- Die gleichen Tendenzen bei der Luftfeuchtigkeit und der Temperatur in den unterschiedlichen Versuchsjahren, vor allem 1999 und 2000, sprechen für eine allgemeine Gültigkeit der Aussage im Hinblick auf räumliche und zeitliche Aspekte.  
Es zeigte sich aber auch, dass die Wirkung des Mulchens auf das Mikroklima im Bestand von den im Versuchsjahr herrschenden allgemeinen Witterungsbedingungen abhängig war. Im kühlen und feuchten Versuchsjahr 1998 waren die Ergebnisse weniger deutlich oder zeigten teilweise gegensätzliche Tendenzen zu den warmen und trockenen Jahren 1999 und 2000.
- Das Mulchen mit „Stroh“ und „Senf“ hatte offensichtlich direkt an der Bodenoberfläche einen größeren Einfluss auf das Mikroklima im Bestand als in 70%iger Vegetationshöhe. Obwohl die Wirkung des Mulchens durch den Pflanzenbestand beeinflusst war, sah man trotzdem noch Temperatur- und Feuchte-Unterschiede an der Bodenoberfläche bzw. im Boden zwischen den 3 Varianten.

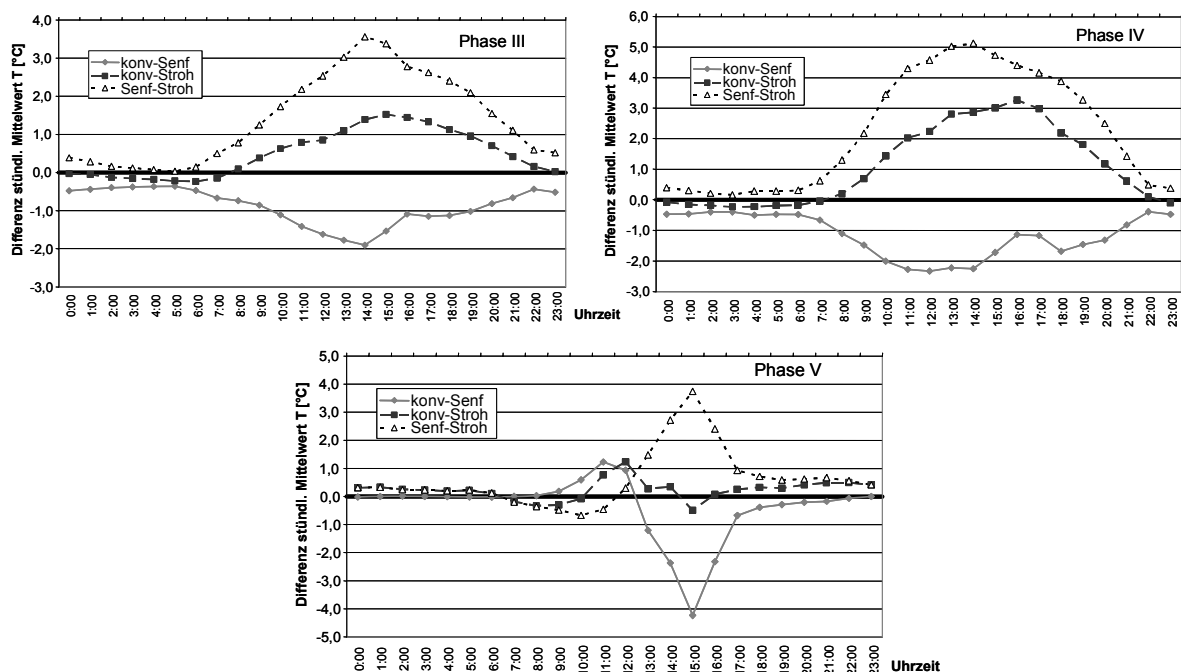
#### **4.4.2.2 Mikroklimatischer Variantenvergleich in Bezug auf die Tageszeit und unter Berücksichtigung der Kulturpflanzenentwicklung**

Die in den verschiedenen Pflanzenentwicklungsphasen und auch bei der Zusammenfassung von Temperaturkategorien gefundenen Unterschiede in der Wirkung von Mulchsaat und „konventioneller“ Bodenbearbeitung auf das Mikroklima im Bestand zeigten sich fast ausschließlich tagsüber. Die Maximalwerte wurden dabei mittags bzw. nachmittags bei höchstem Sonnenstand und Tageshöchsttemperaturen erreicht. Nachts war die Temperatur oder Feuchtigkeit (in Luft und Boden) in „Stroh“ und „Senf“ mehr oder weniger stark den Werten in der ungemulchten („konv“) Variante angenähert. Die Temperatur- und Luftfeuchtekurven zeigten also den in Abb. 4.79 bis 4.84 zu erkennenden typischen Tagesverlauf. Es zeigten sich die schon in Kap. 4.4.1 gezeigten Unterschiede zwischen den Versuchsjahren (kühl und feucht gegen warm und trocken).



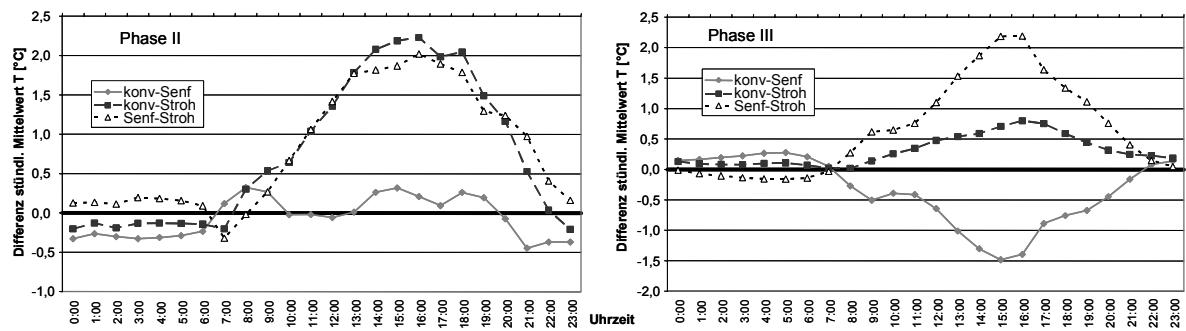
**Abb. 4.79:** Logger 1998: Lufttemperatur in 70%iger Vegetationshöhe, tageszeitlicher Variantenvergleich; Phase I-III+V;

Phase I: 30.4.-3.5.98, EC 0-9, kein Pflanzenbestand / Phase II: 5.5.-25.5.98, EC 10-33, Pflanzenhöhe bis 20 cm / Phase III: 26.5.-26.8.98, EC 34-89, Pflanzenhöhe bis 120 cm / Phase V: nach der Ernte 27.8.-15.9.98 (Ernte: 26.8.98, EC 89-97)

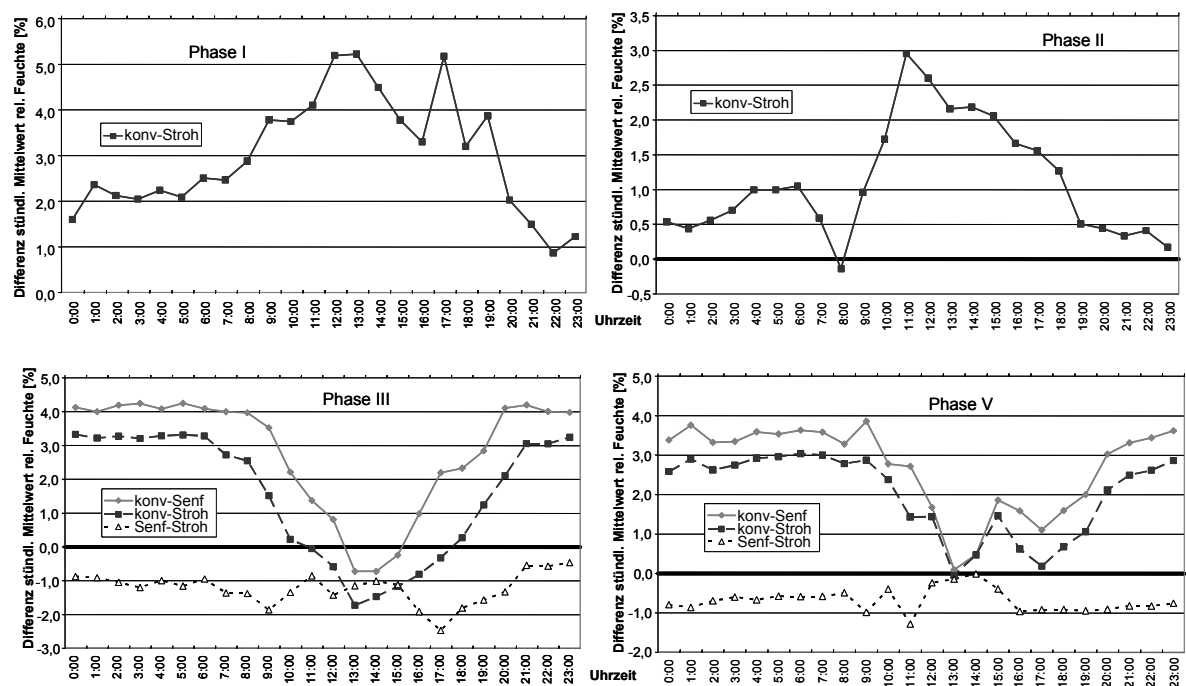


**Abb. 4.80:** Logger 1999: Lufttemperatur an der Bodenoberfläche, tageszeitlicher Variantenvergleich; Phase III-V;

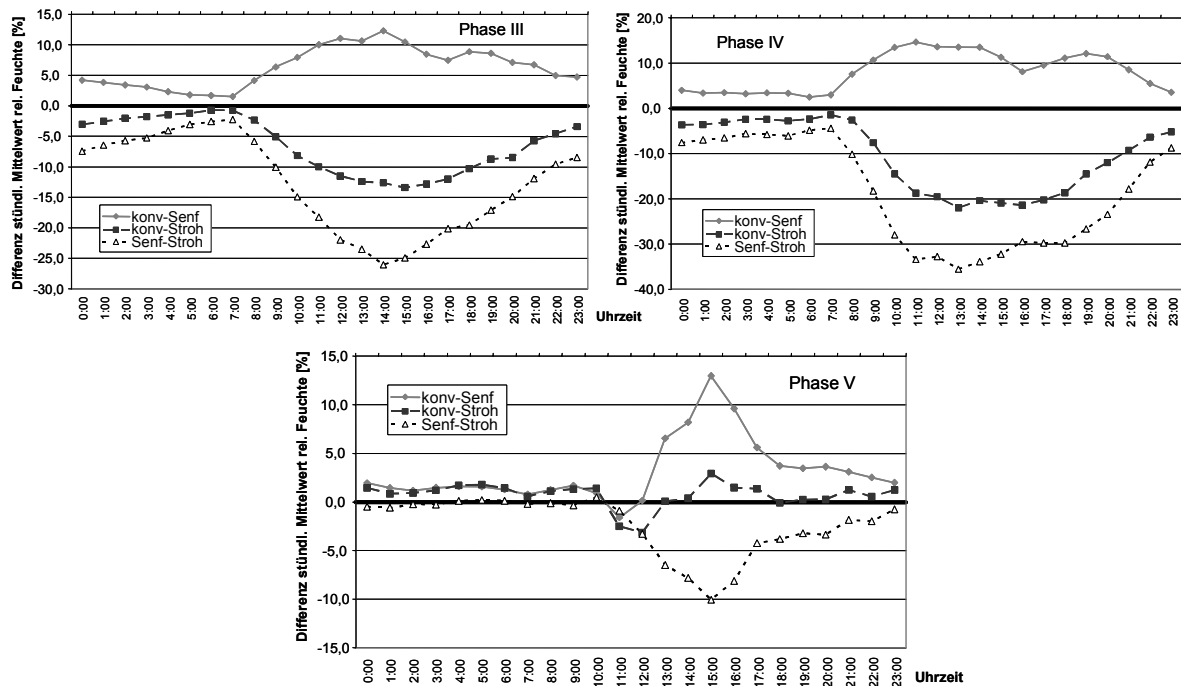
Phase III: 27.5.-12.7.99, EC 26-70, Pflanzenhöhe bis 120 cm / Phase IV: 13.7.-28.7.99, EC 71-79, Pflanzenhöhe bis 138 cm / Phase V: nach der Ernte 10.8.-16.8.99 (Ernte: 9.8.98, EC 93-96)



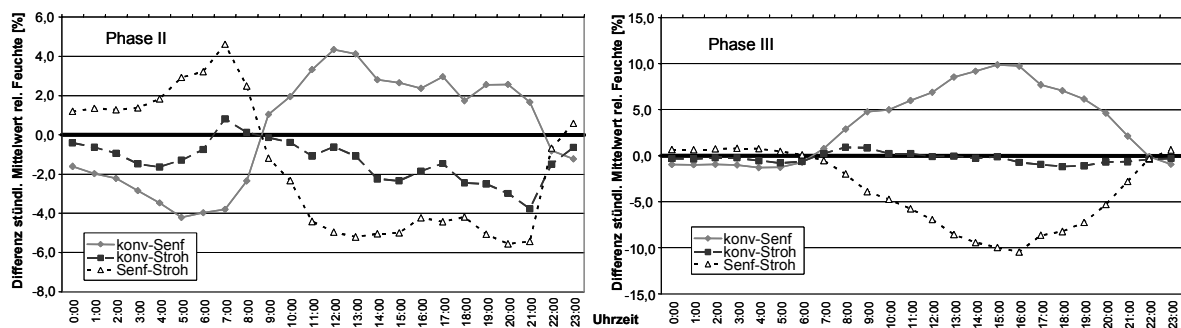
**Abb. 4.81:** Logger 2000: Lufttemperatur an der Bodenoberfläche, tageszeitlicher Variantenvergleich; Phase II-III;  
Phase II: 9.5.-19.5.00, EC 10-31, Pflanzenhöhe bis 20 cm / Phase III: 20.5.-3.8.00, EC 32-95, Pflanzenhöhe bis 99 cm



**Abb. 4.82:** Logger 1998: Relative Luftfeuchtigkeit in 70%iger Vegetationshöhe, tageszeitlicher Variantenvergleich; Phase I-IV;  
Phase I: 30.4.-3.5.98, EC 0-9, keine Pflanzenbedeckung / Phase II: 5.5.-25.5.98, EC 10-33, Pflanzenhöhe bis 20 cm / Phase III: 26.5.-26.8.98, EC 34-89, Pflanzenhöhe bis 120 cm / Phase V: nach der Ernte 27.8.-15.9.98 (Ernte: 26.8.98, EC 89-97)



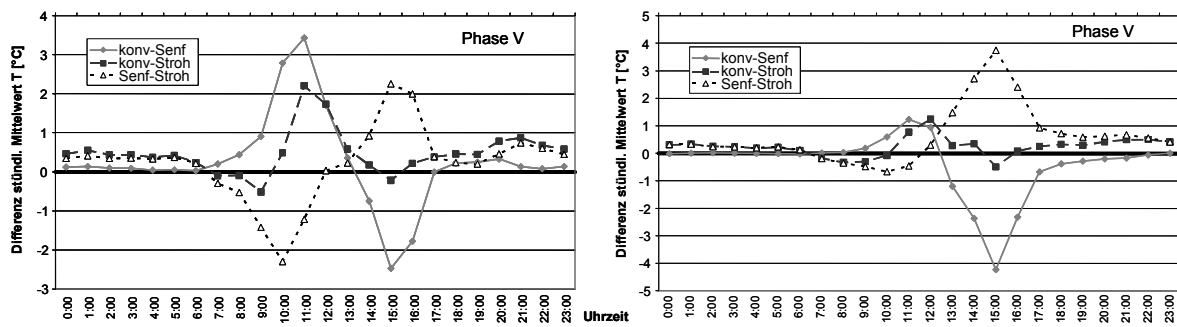
**Abb. 4.83:** Logger 1999: Relative Luftfeuchtigkeit an der Bodenoberfläche, tageszeitlicher Variantenvergleich; Phase III-IV;  
 Phase III: 27.5.-12.7.99, EC 26-70, Pflanzenhöhe bis 120 cm / Phase IV: 13.7.-28.7.99, EC 71-79, Pflanzenhöhe bis 138 cm / Phase V: nach der Ernte 10.8.-16.8.99 (Ernte: 9.8.98, EC 93-96)



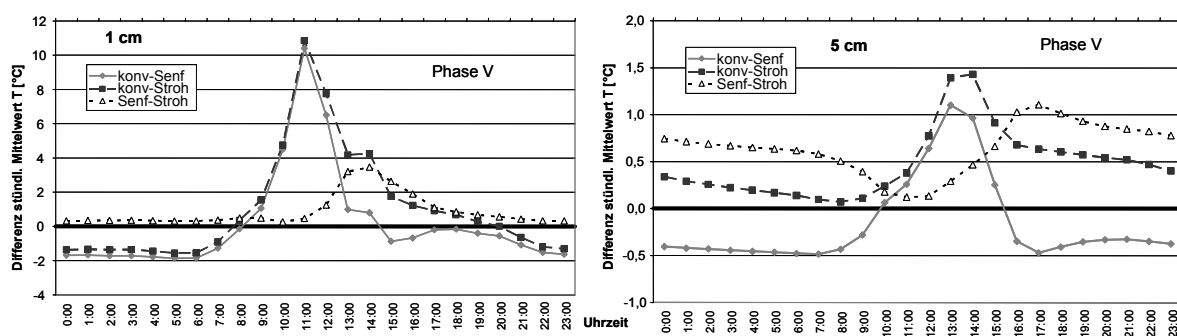
**Abb. 4.84:** Logger 2000: Relative Luftfeuchtigkeit an der Bodenoberfläche, tageszeitlicher Variantenvergleich; Phase II-III;  
 Phase II: 9.5.-19.5.00, EC 10-31, Pflanzenhöhe bis 20 cm / Phase III: 20.5.-3.8.00, EC 32-95, Pflanzenhöhe bis 99 cm

### Unterschiede in Temperatur (Luft + Boden) und Luftfeuchte vor und nach der Ernte

Ein Unterschied nach der Ernte im Vergleich zu Phasen mit hohem Kulturpflanzenbestand zeigte sich vor allem in der Zwischenfrucht „Senf“, aber nur bei **hohen Temperaturen** und **starker Sonneneinstrahlung**, also im Versuchsjahr **1999** (Abb. 4.80, 4.83, 4.85 u. 4.86), während sich im kühlen niederschlagsreichen Jahr 1998 in der Nach-Ernte-Phase im „Senf“ keine grundsätzlichen Veränderungen ergaben.



**Abb. 4.85:** Logger 1999: Lufttemperatur in 70%-iger Vegetationshöhe (links) und Lufttemperatur an der Bodenoberfläche (rechts), tageszeitlicher Variantenvergleich; Phase V: nach der Ernte 10.8.-16.8.99 (Ernte: 9.8.99, EC 93-96)



**Abb. 4.86:** Logger 1999: Bodentemperatur in 1 cm Tiefe (links) und 5 cm Tiefe (rechts), tageszeitlicher Variantenvergleich; Phase V: nach der Ernte 10.8.-16.8.99 (Ernte: 9.8.99, EC 93-96)

Ohne Pflanzenbewuchs (Phase I und II sowie V 1999) hatte die Bedeckung mit „Senfpflanzen“ tagsüber eine wenigstens **leicht kühlende und feuchtigkeitskonservierende Wirkung** im Vergleich mit ungemulchtem Boden („konv“), wenn auch längst nicht so stark wie die „Strohschicht“. Wenn Kulturpflanzenbewuchs dazukam, konnte die „Senfmulch“ nicht mehr ihre kühlenden und feuchtigkeitshaltenden Eigenschaften zeigen, und es war im „Senf“ sogar wärmer und trockener als über unbedecktem Boden („konv“). Die kühlende Wirkung der „Senfpflanzen“ nach der Ernte am Tag zeigte sich 1999 sowohl bei der Lufttemperatur (Abb. 4.85, Tab. A.11 im Anhang) als auch bei der Bodentemperatur in beiden Messtiefen (1 und 5 cm), vor allem in 1 cm Tiefe (Abb. 4.86, vgl. im Anhang: Abb. A.7 u. A.8, Tab. A.17). Bei der Bodentemperatur in 1 cm Tiefe war 1998 tagsüber ebenfalls ein klimausgleichender Effekt der „Senfpflanzen“ nach der Ernte zu erkennen, der in den mit Kulturpflanzen bestandenen Phasen nicht zu sehen war (Abb. A.6 im Anhang).

In der „**Strohmulch**“-Variante zeigten sich nach der Ernte zwar ebenfalls Unterschiede zu mit hohen Kulturpflanzen bestandenen Phasen, aber der klimausgleichende Effekt der „Strohschicht“ ließ im Verlauf des Jahres nach.

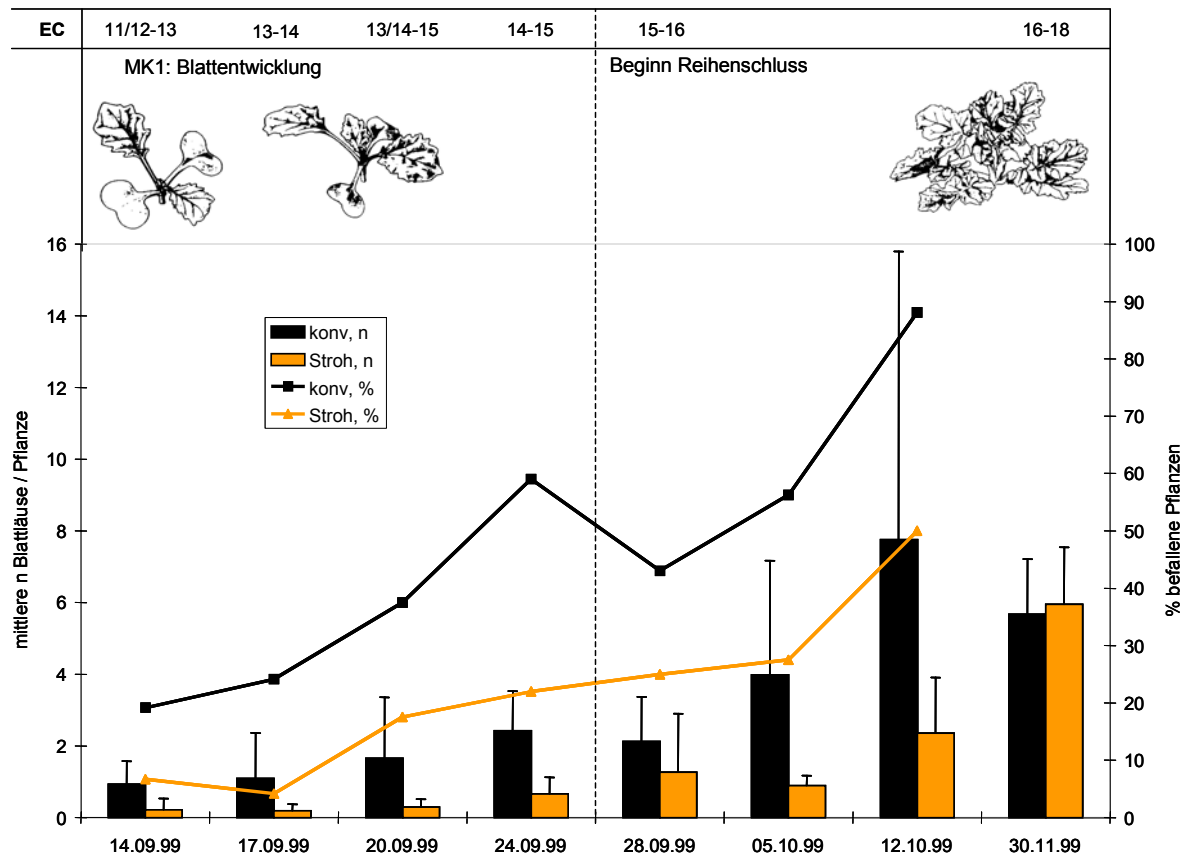
Die Differenzen zwischen beiden Mulchsaatvarianten und „konventioneller“ Bodenbearbeitung waren 1999 sowohl bei Messung der Lufttemperatur als auch der Luftfeuchte in 70%iger Vegetationshöhe nach der Ernte größer als an der Bodenoberfläche, während es sich in den pflanzenbestandenen Phasen vor der Ernte umgekehrt verhielt.

## **4.5 Ergebnisse des Feldversuchs mit Winterraps im Herbst 1999 - 2000**

### **4.5.1 Raps 1999**

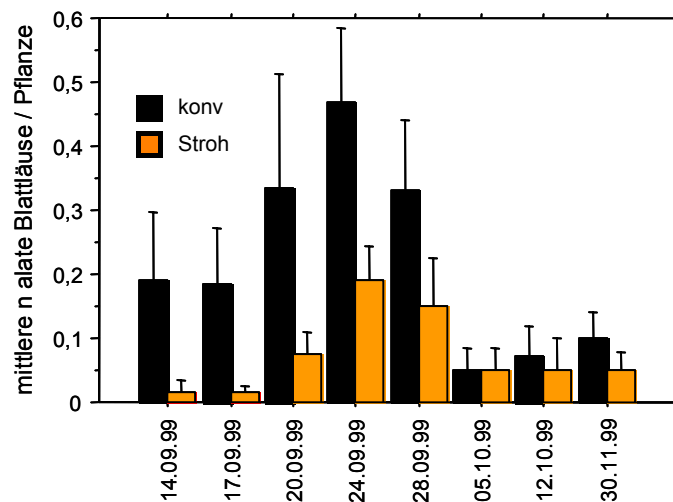
#### **Blattlaus-Sichtbonitur**

Im Versuchsjahr 1999 lagen die Blattlausabundanzen mit einer maximalen durchschnittlichen Befallsstärke von 8 Läusen pro Pflanze deutlich über denjenigen im Vorjahr mit maximal weniger als einer Blattlaus pro Pflanze. Es zeigte sich ein deutlicher Einfluss der „Strohmulch“-Schicht gegenüber „konventioneller“ Bodenbearbeitung (Abb. 4.87). Die durchschnittliche Gesamtzahl der Blattläuse (alat, apter, Larve) pro Pflanze lag von Mitte September bis Mitte Oktober 1999 (Reihenschluss des Winterrapses) an jedem Termin in der „Stroh“-Variante deutlich unterhalb der Zahlen in der „konventionellen“ Variante. Durchschnittlich war die Gesamtzahl der Blattläuse pro Pflanze im „Stroh“ um 72 % gegenüber der Anzahl in der „konventionellen“ Variante reduziert; minimal um 40 % und maximal um 83 %. Lediglich am letzten Boniturtermin Ende November waren im „Stroh“ annähernd so viele Blattläuse anzutreffen wie in der „konventionellen“ Bearbeitungsvariante (6 Läuse / Pfl. im „Stroh“; 5,7 Läuse / Pfl. in „konv“). Insgesamt sowie am 24.9. waren die Unterschiede zwischen „konventioneller“ Bodenbearbeitung und „Strohmulch“-Variante signifikant ( $p < 0,05$ ), ohne Einbeziehung des 30.11. sogar hoch signifikant ( $p < 0,01$ ). Beim Anteil blattlausbefallener Pflanzen zeigten sich vergleichbare Ergebnisse. Im Mittel aller Termine war hier der Prozentsatz befallener Pflanzen in der „Stroh“-Variante um 57 % gegenüber „konventioneller“ Bodenbearbeitung verringert. Die minimale Reduktionswirkung des „Strohs“ lag bei 42 %, die maximale bei 83 %. Die Unterschiede zwischen „konv“ und „Stroh“ waren insgesamt höchst signifikant ( $p < 0,001$ ), am 24.9. signifikant ( $p < 0,05$ ).



**Abb. 4.87:** Raps 1999: Blattlaus-Sichtbonitur; mittlere Gesamtzahl Blattläuse (alat, apter, Larve) pro Pflanze mit Standardabweichung und Anteil mit Blattläusen befallener Pflanzen in % in „konventioneller“ Bodenbearbeitung und „Strohmulch“; n = 40 bis 120 Pflanzen pro Variante; Pflanzenbilder aus BBA (2001)

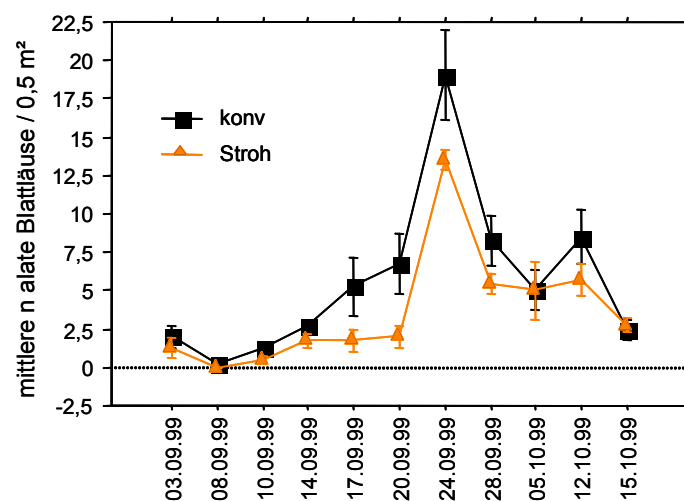
Betrachtet man nur die geflügelten Blattläuse (Abb. 4.88), so zeigten sich bei der Sichtbonitur ähnliche Ergebnisse wie bei Einbeziehung der übrigen Morphen (apter u. Larve). Die durchschnittliche Anzahl Alater je Pflanze lag in der Mulchvariante kontinuierlich (bis auf 1 Termin) unter der Zahl in den ungemulchten Parzellen, auch am letzten Boniturtermin im November. Die durchschnittliche Reduzierung der Befallszahlen durch die „Strohmulch“-Schicht lag bei 57 % weniger alaten Blattläusen pro Pflanze, der Minimalwert bei 30 % (nur an einem Termin gleiche Befallszahlen in „Stroh“ und „konv“) und die maximale Reduzierung bei 91 %. Die Unterschiede waren insgesamt hoch signifikant ( $p < 0,01$ ), an den einzelnen Terminen jedoch nicht.



**Abb. 4.88:** Raps 1999: Blattlaus-Sichtbonitur; mittlere Anzahl alate Blattläuse pro Pflanze in „konv“ und „Stroh“, mit Angabe des Standardfehlers; n = 40 bis 120 Pflanzen pro Variante

### Blattlaus-Fangrahmen

Die Anzahl alater Blattläuse, die sich 1999 in Fangrahmen fingen, war in der „Strohmulch“-Variante deutlich niedriger als in den „konventionell“ behandelten Parzellen (Abb. 4.89). Von Anfang September 1999 bis Mitte Oktober lagen die Fangzahlen im „Stroh“ kontinuierlich unter denjenigen in der „konventionellen“ Variante, im Mittel um 47 %, maximal um 70 %. Die Unterschiede waren allerdings nicht signifikant.

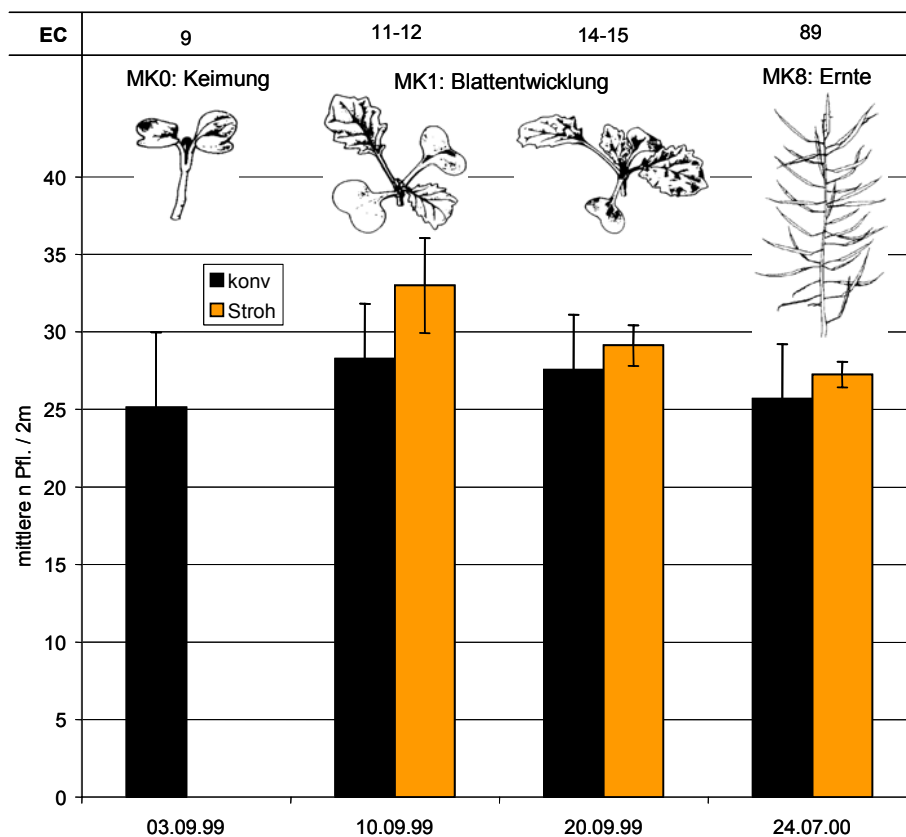


**Abb. 4.89:** Raps 1999: Blattlaus-Fangrahmen; Phänologie alater Blattläuse in „konv“ und „Stroh“, mit Angabe des Standardfehlers; n = 4 Rahmen pro Variante



### Auflaufbonitur

Bei der Zählung der Pflanzen je 2-m-Strecke (Auflaufbonitur), die an jedem Boniturtermin 4-mal pro Parzelle, also 16-mal je Variante, durchgeführt wurde, waren bei der ersten Bonitur Anfang September 1999 lediglich die Pflanzen in der „konventionellen“ Variante aufgelaufen (Abb. 4.90). An den nächsten beiden Terminen Mitte und Ende September 1999 (Makrostadium 1: Blattentwicklung des Hauptsprosses) standen in den gemulchten Parzellen durchschnittlich mehr Pflanzen als in den ungemulchten, was bis zur Stoppelbonitur Ende Juli 2000 anhielt. Die Unterschiede waren allerdings nicht signifikant.



**Abb. 4.90:** Raps 1999: Auflaufbonitur 1999/2000; Parzellen-Mittelwerte von jeweils 4 x 2 m (d. h. 16 x 2 m pro Variante), in konventioneller Bodenbearbeitung und Strohmulchauflage; Pflanzenbilder aus BBA (2001)

### ELISA-Test auf Virusbefall mit TuYV

Im **Versuchsjahr 1999** war ein deutlich stärkerer Befall mit dem Wasserrübenvergilbungsvirus (TuYV) zu verzeichnen als im Jahr zuvor. Mit dem ersten ELISA-Test (Tissue-print-assay) im Dezember 1999 ließen sich von den 200 untersuchten Proben in 131 Proben TuYV-Infektionen in Höhe von minimal 48 % und maximal 92 % nachweisen (Tab. 4.72). Die Winterrapspflanzen, die mit „konventionellem“ Verfahren angebaut wurden, zeigten dabei mit durchschnittlich 77 % virusbefallener Pflanzen stärkeren

TuYV-Befall als diejenigen in der „Strohmulch“-Variante mit durchschnittlich nur 54 % Virus-positiver Proben. Der Unterschied war nach Fisher's PLSD signifikant ( $p < 0,05$ ).

**Tab. 4.72:** Raps 1999: 1. ELISA im Herbst 1999 (Probennahme 30.11.99); TuYV-Infektion

Parz. Nr.	Variante	TuYV-Befall				gesamt	ges. % TuYV-Befall
		* Zähler: infizierte Proben Nenner: untersuchte Proben					
1,11,15,22	„konv“	21 / 25*	23 / 25	14 / 25	19 / 25	77 / 100	77,0
5,12,14,21	„Stroh“	15 / 25	12 / 25	15 / 25	12 / 25	54 / 100	54,0

Bei einem zweiten ELISA-Test (Mai 2000) auf der Anbaufläche 1999 ergab sich, dass sich die Infektionsrate mit TuYV sowohl in der „konventionellen“ als auch in der „Strohmulch“-Variante erhöhte (Tab. 4.73). Von den 197 untersuchten Proben konnten in 173 Proben TuYV-Infektionen in Höhe von minimal 72 % (gegenüber 48 % beim 1. Test) und maximal 100 % (gegenüber 92 % beim 1. Test) nachgewiesen werden. Die Prozentzahlen mit TuY-Viren befallener Winterrapspflanzen näherten sich in den beiden Varianten deutlich an. Die Infektionsrate lag aber mit durchschnittlich 87 % im „Strohmulch“ noch immer etwas unter derjenigen in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung mit durchschnittlich 88,5 %. Der Unterschied war nicht signifikant.

**Tab. 4.73:** Raps 1999: 2. ELISA im Frühjahr 2000 (Probennahme 17.05.00); TuYV-Infektion

Parz. Nr.	Variante	TuYV-Befall				gesamt	ges. % TuYV-Befall
		* Zähler: infizierte Proben Nenner: untersuchte Proben					
1,11,15,22	„konv“	18 / 23*	23 / 25	21 / 24	24 / 25	86 / 97	88,45
5,12,14,21	„Stroh“	24 / 25	25 / 25	18 / 25	20 / 25	87 / 100	87,0

## Ernte

Die relative Feuchte der Raps-Saat von gemulchter und „konventionell“ behandelte Fläche war vergleichbar, der Ertrag lag in den „Strohmulch“-Parzellen etwas höher als in den ungemulchten (Tab. 4.74).

**Tab. 4.74:** Ernte Raps 1999: Ertrag in dt/ha in den Parzellen (13.-17.7.00) mit Standardabweichung

Parzelle Nr.	Variante	rel. Feuchte [%]	Ertrag dt/ha
1	konv	10,40 ±0,59	35,6 ±1,74
11	konv	10,57 ±0,87	37,7 ±2,06
15	konv	10,47 ±0,80	38,7 ±1,71
22	konv	10,23 ±0,62	40,1 ±1,09
<b>Mittel konv</b>		<b>10,42 ±0,74</b>	<b>38,0 ±2,37</b>
5	Stroh	10,70 ±0,78	36,4 ±1,29
12	Stroh	10,67 ±0,81	41,2 ±3,45
14	Stroh	10,63 ±0,83	38,9 ±0,67
21	Stroh	10,53 ±0,91	42,1 ±2,82
<b>Mittel Stroh</b>		<b>10,63 ±0,83</b>	<b>39,7 ±3,22</b>

Die Ergebnisse des Rapsversuchs 1999 sind noch einmal in Tab. 4.75 zusammengefasst. Die Zahl der in den Rapsbestand einfliegenden Blattläuse war in der „Strohmulch“-Variante deutlich gegenüber der „konventionellen“ Bodenbearbeitung verringert, so dass die TuYV-Infektionsrate im Herbst entsprechend niedriger lag. Im Spätherbst waren die Unterschiede in der Besiedlungsdichte aufgehoben, und im folgenden Frühjahr hatte sich auch die Infektionsrate ausgeglichen. Der Ertrag war in beiden Varianten vergleichbar (im „Stroh“ geringfügig höher).

**Tab. 4.75:** Raps 1999: Mittlere Anzahl Blattläuse je Pflanze, TuYV-Infektion im Herbst und Frühjahr und Rapsertrag im Juli 2000

Variante	Anzahl Blattläuse je Pflanze			TuYV-Infektion in %		Ertrag t / ha
	alle Läuse	nur Alate	alle Läuse 30.11.99	Herbst 1999	Frühjahr 2000	
	Mittel 14.9.-12.10.99					
„konv“	2,93	0,22	5,68	77,0	88,5	3,80
„Stroh“	0,84	0,08	5,95	54,0	87,0	3,97

#### 4.5.2 Raps 2000

##### Pflanzenentwicklung

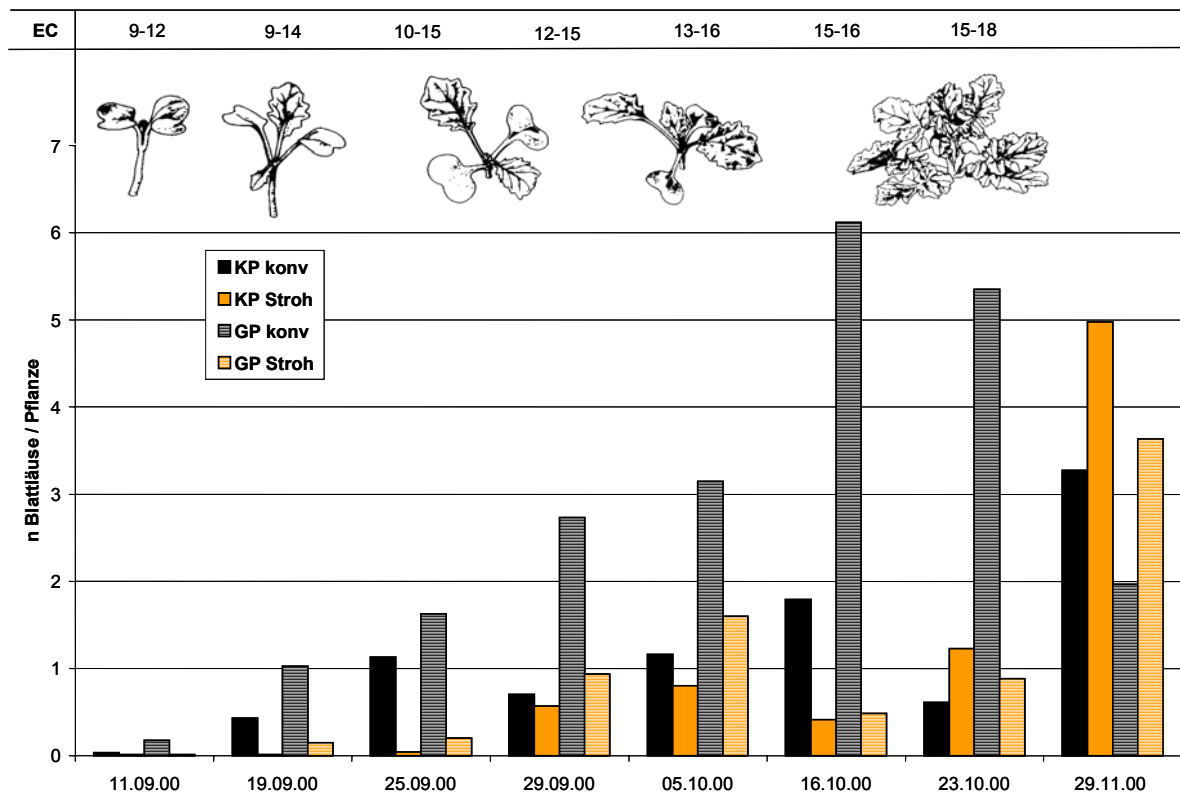
Klein- und Großparzellen des Jahres 2000 wurden direkt nebeneinander auf demselben Feld angelegt, aber die Saat mit unterschiedlicher Drilltechnik ausgebracht. Der Auflauf im Kleinparzellenversuch war schnell und, es hat sich ein dichter Bestand entwickelt. Im Großparzellenversuch lief der Raps nach Aussaat mit konventioneller Drillechnik nur zögerlich und ungleichmäßig auf, und der Bestand war lückig. In den Großparzellen des Anbaujahres 2000 standen nur etwa 11 Pflanzen je 1 m Reihe im Gegensatz zu etwa 16 Pflanzen je 1 m Reihe in den Kleinparzellen auf derselben Versuchsfläche (Tab. 4.76). Schon zu Beginn des Auflaufens am 1.9.00, beim BBCH-Code 09, konnte im Kleinparzellenversuch 50 % Auflauf, im Großparzellenversuch lediglich 10 % Auflauf verzeichnet werden. Der „Vorsprung“ der Kleinparzellen blieb bis Mitte Oktober bestehen, sowohl was den Anteil aufgelaufener Rapspflanzen betraf (95 % in Kleinparzellen gegenüber 70 % in Großparzellen zum selben Zeitpunkt) als auch deren Entwicklung (EC 13-15 in Kleinparzellen gegenüber EC 9-14 in Großparzellen Ende September) und den Deckungsgrad (80-85 % DG in Kleinparzellen gegenüber 40-45 % DG in Großparzellen Ende September). Im Großparzellenversuch bestätigte sich die Beobachtung aus anderen Versuchsjahren in der Ackerbohnen-Kultur, dass die Pflanzen unter der Strohmulchschicht im Vergleich zur ungemulchten Variante etwas verzögert aufkamen, dann aber rasch im Wachstum aufholten und zum Ende der Vegetationsperiode dichter und kräftiger standen als in den „konventionell“ behandelten Parzellen. In den Kleinparzellen war dieses Phänomen nicht zu beobachten, sondern die Tendenz eher umgekehrt (Tab. 4.76).

**Tab. 4.76:** Raps 2000: Auflaufbonitur in Klein- und Großparzellen; \* Auflaufbonitur; \*<sup>1</sup> Stoppelbonitur

mittlere n Pfl. / m n Bonituren / Datum Variante	Kleinparzellen (50 m <sup>2</sup> )			Großparzellen (1000 m <sup>2</sup> )		
	4 x 1m / Parz.			4x1m/Parz.	10x2m/Parz.	10x1m/Parz.
	11.9.00 *	25.9.00 *	25.7.01 * <sup>1</sup>	25.9.00 *	13.10.00 *	25.7.01 * <sup>1</sup>
„konv“	18,0	15,8	15,4	11,3	11,0	10,4
„Stroh“	18,8	15,6	14,2	10,8	9,4	11,7

### Blattlaus-Sichtbonitur

Wie der Aufruf der Rapspflanzen, so verlief auch die Blattlausbesiedlung in Klein- und Großparzellenversuch sehr unterschiedlich. In den Großparzellen traten deutlich mehr Blattläuse pro Pflanze auf als in den Kleinparzellen (Abb. 4.91). Allerdings trat in den Großparzellen die Wirkung des Strohmulchs gegenüber ungemulchten Parzellen deutlicher zutage als in Kleinparzellen. Die Anzahl Blattläuse pro Pflanze war in der Variante mit „Stroh“ in **Kleinparzellen** um durchschnittlich 29 % gegenüber „konventionell“ behandelten Parzellen vermindert. Bezieht man die November-Bonitur, bei der das „Stroh“ sowohl in Klein- als auch in Großparzellen keine Wirkung mehr zeigte, nicht in die Berechnung ein, so erhöht sich die Blattlaus-reduzierende Wirkung in Kleinparzellen auf durchschnittlich 41 %. Die minimale Reduktion durch die „Strohmulch“ lag bei 19 %, die maximale bei 98 %.



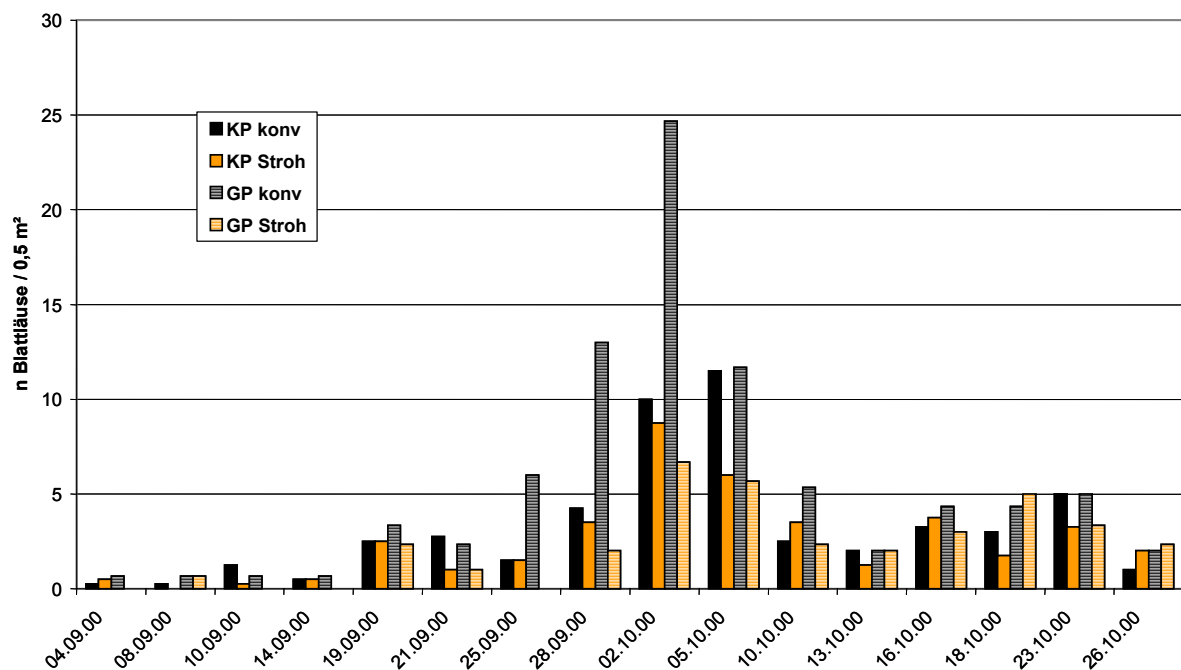
**Abb. 4.91:** Raps 2000: Blattlaus-Sichtbonitur; Anzahl Blattläuse pro Pflanze in "konventioneller" und "Stroh"-Variante; Vergleich Klein- (KP) und Großparzellen (GP); n = 100 Pflanzen pro Variante und Datum

In **Großparzellen** lag die durchschnittliche Reduktion der Blattlauszahl in der „Stroh“-Variante mit Einbeziehung der November-Daten bei 59 % (Unterschied hoch signifikant,  $p < 0,01$ ), ohne Einbeziehung bei sogar 80 % (Unterschied höchst signifikant,  $p < 0,001$ ) (Abb. 4.91). Der Minimalwert lag hier bei 49 % weniger Blattläusen je Pflanze im „Stroh“ gegenüber „konventioneller“ Bodenbearbeitung, der Maximalwert bei 94 %. Die Blattlauszahlen je Pflanze lagen in Großparzellen im Boniturzeitraum

September / Oktober in der „Stroh“-Variante kontinuierlich unterhalb der Anzahl in „konventionell“ behandelten Parzellen. Ihre stärkste Wirkung zeigte die „Strohmulchauflage“ in Großparzellen Mitte bis Ende Oktober. In Kleinparzellen hielt die Wirkung der „Strohschicht“ bis Mitte Oktober an allen Boniturterminen an.

### Blattlaus-Fangrahmen (Klebefallen)

Entsprechend der Beobachtung bei den Sichtbonituren, dass in den Großparzellen deutlich mehr Blattläuse gefunden wurden als in den Kleinparzellen, wurden in den Großparzellen auch mehr anfliegende Blattläuse in **Fangrahmen** gefangen (Abb. 4.92).



**Abb. 4.92:** Raps 2000: alate Blattläuse in Blattlaus-Fangrahmen in "konventioneller" und "Stroh"-Variante; Vergleich Klein- (KP) und Großparzellen (GP); n = 4 Fallen pro Variante und Datum

Auch bei den Fangrahmen-Fängen trat die Blattlaus-reduzierende Wirkung der „Strohaufelage“ in den Großparzellen deutlicher zutage als in den Kleinparzellen (Abb. 4.92). Die Ergebnisse waren allerdings an den einzelnen Fangterminen, anders als bei der Sichtbonitur, recht uneinheitlich. So zeigte der „Strohmulch“ an einigen Terminen überhaupt keine Wirkung, an anderen Tagen wiederum eine sehr starke, so dass der Mittelwert in diesem Fall die beste Aussage zulässt. In den Kleinparzellen wurden durchschnittlich vom 4.9. bis 26.10.2000 in der „Stroh“-Variante 11 % weniger geflügelte Blattläuse in Fangrahmen gefangen als in ungemulchten Parzellen. In Großparzellen waren es in den gemulchten Flächen durchschnittlich 49 % weniger Blattläuse als in ungemulchten. Die Unterschiede waren insgesamt hoch signifikant ( $p < 0,01$ ), an einzelnen Terminen auch höchst signifikant ( $p < 0,001$ ). Wie auch bei den Sichtbonituren hörte die Wirkung des „Strohmulchs“ am 23.10.00 sowohl in Klein- als auch in Großparzellen auf.

### ELISA-Test auf Virusbefall mit TuYV 2000/2001

In **Kleinparzellen** (50 m<sup>2</sup>) zeigte sich, dass der Anteil mit dem Wasserrübenvergilbungsvirus (TuYV) infizierter Pflanzen in den gemulchten Parzellen durchschnittlich deutlich (um 35,5 %) niedriger als in den ungemulchten Parzellen war (Tab 4.77). Der Unterschied war signifikant ( $p < 0,05$ ).

**Tab. 4.77:** Raps 2000, Kleinparzellen: ELISA im Herbst 2000 (Probennahme 11.12.2000); TuYV-Infektion

Parz. Nr.	Variante	TuYV-Befall				gesamt	ges. % TuYV-Befall
		* Zähler: infizierte Proben Nenner: untersuchte Proben					
1,6,12,17	„konv“	11 / 25*,	14 / 23,	15 / 25,	14 / 24	54 / 97	55,8
2,7,11,18	„Stroh“	12 / 25,	7 / 25,	11 / 25,	6 / 25	36 / 100	36,0

Für die **Großparzellen** (1000 m<sup>2</sup>) kann im Prinzip das Gleiche gesagt werden. Auch hier war in den „Stroh“-Parzellen der Virusanteil der Rapspflanzen im Vergleich zu der ungemulchten Variante signifikant ( $p < 0,05$ ) geringer (Tab. 4.78). Im „Stroh“ war der Anteil mit dem Wasserrübenvergilbungsvirus befallener Pflanzen mit durchschnittlich 41,7 % nur halb so hoch wie in der „konventionellen“ Variante mit durchschnittlich 85,2 %.

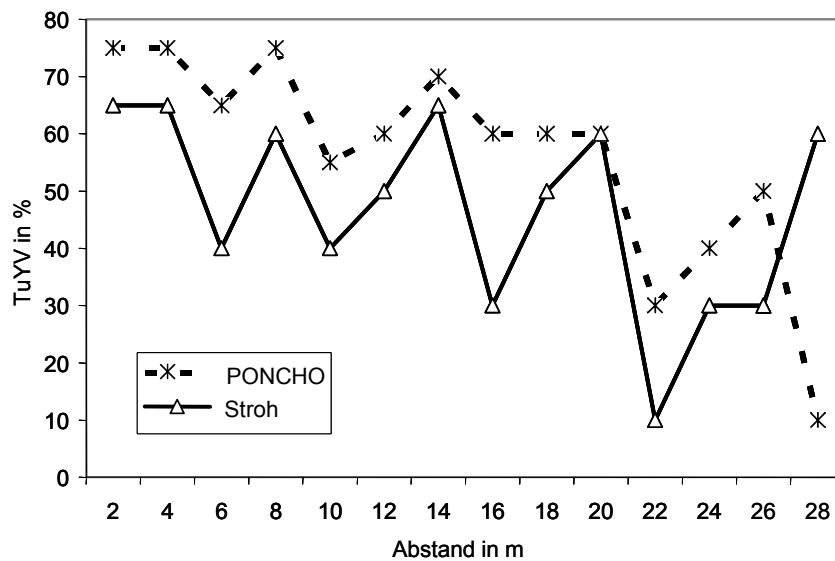
Daneben gibt es aber noch ein weiteres Ergebnis aus dem Großparzellenversuch: Da Proben für die Virusanalyse je etwa 3 m vom Rand der Parzelle und in der Mitte (>15 m) genommen wurden, kann man die Werte aus der Parzellenmitte (*unbeeinflusst von anderen Varianten*) mit den Werten am Rand der Parzelle (*angrenzend an andere Varianten / beeinflusst*) vergleichen. Man erkennt so, ob es **Randeffekte** gibt. Bei der Betrachtung von Nachbarschaftseffekten wurden zusätzlich zu ungemulchten („konv“) und gemulchten („Stroh“) Parzellen auch Parzellen hinzugenommen, deren Saatgut mit einem hoch blattlauswirksamen Insektizid (‘PONCHO’) behandelt war.

**Tab. 4.78:** Raps 2000, Großparzellen: Vergleich des TuYV-Befalls in gemulchten und ungemulchten Parzellen nach Lage der Beprobungsstellen innerhalb einer Parzelle (links L, Mitte M, rechts R) im Hinblick auf Randeffekte; n = 12 Blätter pro Parzellenteil; Probennahme 11.12.00; \*<sup>1</sup> Mitte + „konv“ angrenzend an „konv“

	Parz. Nr.	TuYV-Befall * Zähler: infizierte Proben Nenner: untersuchte Proben	mittl. % TuYV-Befall
„Stroh“ unbeeinflusst	1M, 4M, 8M	3/12 *, 5/12, 3/12	30,6
„Stroh“ angrenzend an `PONCHO`	1L, 4R 1R, 4L, 8L, 8R	5/12, 4/12 9/12, 8/12, 3/12, 5/12	37,5 52,1
„Stroh“ angrenzend an „konv“			
„konv“ unbeeinflusst * <sup>1</sup>	M3,R3,M5,M7,L7	10/12,12/12,12/12,6/12,7/12	78,3
„konv“ angrenzend an „Stroh“	L3, R5	11/12, 12/12	95,8
„konv“ angrenzend an `PONCHO`	L5, R7	12/12, 10/12	91,7
`PONCHO` unbeeinflusst	2M, 6M, 9M	7/12, 7/12, 9/12	63,9
`PONCHO` angrenzend an „Stroh“	6L, 9R 2L, 2R, 6R, 9L	5/12, 5/12 9/12, 9/12, 10/12, 7/12	41,7 72,9
`PONCHO` angrenzend an „konv“			

Wie man in Tab. 4.78 sieht, gab es deutliche Randeffekte. Unbeeinflusste „Strohmulch“-Parzellen (Mitte der „Stroh“-Parzellen) zeigten mit 30,6 % die deutlich niedrigsten Viruswerte. Der durchschnittliche Anteil mit dem Wasserrübenvergilbungsvirus (TuYV) befallener Pflanzen war in unbeeinflussten gemulchten Parzellen sogar nur halb so hoch wie in unbeeinflussten, mit blattlauswirksamem Insektizid (`PONCHO`) behandelten Parzellen (63,9 %). In gemulchten Parzellen, die an unbehandelte Flächen („konv“) angrenzten, lag der Anteil der mit dem Wasserrübenvergilbungsvirus infizierten Pflanzen mit 52,1 % deutlich höher als in Parzellen, die an Flächen angrenzten, die mit `PONCHO` behandelt waren (37,5 %). An „Stroh“ angrenzende `PONCHO`-Parzellenteile zeigten durchschnittlich geringeren Virus-Befall (41,7 %) als mittlere (d. h. unbeeinflusste) Bereiche der `PONCHO`-behandelten Flächen (63,9 %), während Bereiche, die an ungemulchte unbehandelte Parzellen („konv“) angrenzten, höhere Viruswerte aufwiesen (72,9 %). Letztere wiesen einen Anteil TuYV-infizierter Pflanzen auf, der beinahe an den der unbeeinflussten, d. h. mittleren und an andere „konv“-Parzellen angrenzende, „konv“-Parzellen (78,3 %) heranreichte. Die ungemulchten unbehandelten Parzellen („konv“) hatten im Vergleich mit „Stroh“ und `PONCHO` die höchsten Viruswerte. An den Rändern der „konv“-Parzellen war der durchschnittliche Anteil Virus-infizierter Pflanzen sogar noch deutlich höher als in der Mitte, und zwar sowohl bei Parzellenteilen, die an „Stroh“, als auch bei Bereichen, die an `PONCHO`-behandelte Parzellen angrenzten. Die an „Stroh“ angrenzenden Bereiche der „konventionellen“ Parzellen wiesen dabei den höchsten Virusbefall auf, der noch etwas über den an die Insektizid-behandelten Parzellen angrenzenden Bereichen lag.





**Abb. 4.93:** TuYV-infizierte Rapspflanzen im Frühjahr je nach Abstand zu Rapsflächen ohne Blattlaus-wirksame Behandlung im Durchschnitt der Stroh- bzw. 'PONCHO'-Parzellen

Im Frühjahr 2001 wurden in jeweils 3 Wiederholungen pro Probestelle in der „Stroh“- und 'PONCHO'-Variante Rapspflanzen (je 5 Blätter / Pflanze) für den Virusnachweis alle 2 m auf einer Linie quer von einer Seite der Parzelle (30 m) zur anderen gesammelt. Die Viruswerte (TuYV in %) pro 2 m Entfernung zu „unbehandelten“ („konventionellen“) Flächen wurden gemittelt. Für die 'PONCHO'-Variante ergab sich eine signifikante Beziehung zwischen zunehmender Wirksamkeit des Insektizids und größerer Entfernung von „unbehandelten“ („konventionellen“) Flächen ( $y = 84 - 1,84 x$ ,  $r = 0,818$ ) (Abb. 4.93). Für „Stroh“ wurde eine ähnliche Beziehung gefunden, die aber wegen hoher Variabilität der Daten nicht signifikant war ( $y = 60,7 - 0,92 x$ ,  $r = 0,444$ ).

### Ernte Raps 2000

Bei der Ernte der Kleinparzellen 2000/01 gab es keine nennenswerten Unterschiede zwischen gemulchter und ungemulchter Variante beim Tausendkorngewicht, relativer Feuchte der Raps-Körner sowie dem Ertrag (Tab 4.79).

**Tab. 4.79:** Ernte Raps 2000, Kleinparzellen; 23.7.01; Parzellendrescher 2 m Breite, 3 x 9,7 m-Strecke (3 x 19,4 m<sup>2</sup>) pro Parzelle; TKG = Tausendkorngewicht

Parzelle Nr.	Variante	TKG	rel. Feuchte [%]	Ertrag dt/ha
1	konv	4,75	7,0	28,1
6	konv	4,63	7,0	29,1
12	konv	4,56	6,3	30,9
17	konv	4,71	6,9	30,2
<b>Mittel konv</b>		<b>4,66</b>	<b>6,8</b>	<b>29,6</b>
2	Stroh	4,65	6,4	31,0
7	Stroh	4,55	6,7	27,0
11	Stroh	4,50	6,3	30,4
18	Stroh	4,61	6,2	28,8
<b>Mittel Stroh</b>		<b>4,58</b>	<b>6,4</b>	<b>29,3</b>

Bei Rapspflanzen, die in den Großparzellen geerntet wurden, lagen die Werte aller erhobenen Parameter wie Tausendkorngewicht, relative Feuchte der Raps-Saat sowie der Ertrag pro Hektar oberhalb der Werte der in Kleinparzellen geernteten Pflanzen (Tab 4.80). Zwischen der gemulchten und ungemulchten Variante gab es dabei, wie auch im Kleinparzellenversuch, keine nennenswerten Unterschiede.

**Tab. 4.80:** Ernte Raps 2000, Großparzellen; 21.7.01; Parzellendrescher 2 m Breite, 5 x 10,4 m-Strecke (5 x 20,8 m<sup>2</sup>) pro Parzelle; TKG = Tausendkorngewicht

Parzelle Nr.	Variante	TKG	rel. Feuchte [%]	Ertrag dt/ha
3	konv	4,88	8,0	34,2
5	konv	5,04	8,2	34,2
7	konv	5,04	8,0	33,2
<b>Mittel konv</b>		<b>4,99</b>	<b>8,1</b>	<b>33,9</b>
1	Stroh	4,69	7,5	32,7
4	Stroh	4,87	7,9	37,3
8	Stroh	4,88	7,8	32,9
<b>Mittel Stroh</b>		<b>4,81</b>	<b>7,7</b>	<b>34,3</b>

### Blattlausarten 1999 und 2000 im Winterraps

In den Untersuchungsjahren 1999 und 2000 wurden im Raps hauptsächlich *Myzus persicae* und *Brevicoryne brassicae* gefunden, wobei *M. persicae* stärker vertreten war als *B. brassicae* (Tab. 4.81 u. 4.82). Die Artenzusammensetzung unterschied sich leicht zwischen den Varianten. An Terminen mit hoher Blattlausdichte war in der Regel *M. persicae* in gemulchten Parzellen im Vergleich zu ungemulchten deutlicher reduziert als *B. brassicae*.

**Tab. 4.81:** Raps 1999: Anzahl imaginaler *Brevicoryne brassicae* bzw. *Myzus persicae* je 10 Pflanzen an den Sammelterminen 12.10.99 und 30.11.99 in „konventioneller“ und „Stroh“-Variante

n Läuse/10Pfl.	12.10.1999				30.11.1999			
	<i>B. brassicae</i>		<i>M. persicae</i>		<i>B. brassicae</i>		<i>M. persicae</i>	
	alat	apter	alat	apter	alat	apter	alat	apter
„konv“	0	13	2	33	0	2	3	22
„Stroh“	0	20	1	6	0	1	2	19

**Tab. 4.82:** Raps 2000: Anzahl alater *Brevicoryne brassicae*, *Myzus persicae* und anderer Blattlausarten (alat) je 25 Pflanzen im Durchschnitt von 4 Sammelterminen vom 11.9. bis 29.9.00 in Kleinparzellen (ca. 50 m<sup>2</sup>) bzw. von 3 Sammelterminen vom 11.9. bis 25.9.00 in Großparzellen (ca. 1000 m<sup>2</sup>) auf demselben Feld in „konventioneller“ und „Stroh“-Variante

n Läuse/25Pfl.	Kleinparzellen			Großparzellen		
	<i>B. brassicae</i>	<i>M. persicae</i>	andere	<i>B. brassicae</i>	<i>M. persicae</i>	andere
„konv“	2	6	1	8	43	9
„Stroh“	2	6	2	7	11	10
‘PONCHO’	0	9	0	5	23	6

Der im späten Herbst oder Frühjahr ermittelte Virusinfektionswert (TuYV) (Tab. 4.77 u. 4.78) scheint mit der Anzahl der Blattläuse je Pflanze korreliert zu sein. Der Anteil viruskranker Pflanzen war daher auch in der gemulchten Variante niedriger als in der ungemulchten. Bei Virusbestimmungen aus dem Herbst 1999 und 2000 (Großparzellen) lag die Wirkung der „Strohschicht“ in etwa auf demselben Niveau wie die Saatgutbehandlung mit ‘PONCHO’. Bei den im Frühjahr 2000 und 2001 ermittelten Viruswerten waren die Pflanzen aus gemulchten Parzellen etwas stärker infiziert als die aus ‘PONCHO’-behandelten Parzellen. Die positive, d. h. reduzierende Wirkung des Mulchens auf die Infektion mit dem Wasserrübenvergilbungsvirus war in den Großparzellen deutlicher als in den Kleinparzellen, analog zur besseren Blattlausreduktion durch das Mulchsaatverfahren. Die Erträge von gemulchter und ungemulchter Variante unterschieden sich in allen Versuchsjahren nur geringfügig voneinander.

**Tab. 4.83a:** Zusammengefasste Ergebnisse, grüne Unterlegung: positiver Effekt, rote Unterlegung: negativer Effekt, weiß: indifferent; Farben gelten für Tab. 4.83a-d

			Senf	Stroh
Blattlaus-Arten, alle Morphen	Anzahl <i>A. fabae</i> / Pfl. in Besiedlungs-Phase	Blattlaus- Sichtbonitur	Reduzierung (1998 n.s.)	Reduzierung (1998 **)
	Anzahl <i>A. fabae</i> / Pfl. in Etablierungs-Phase		Reduzierung (1998 n.s.)	Reduzierung (1998 *)
	Anzahl <i>A. fabae</i> / Pfl. in Reduktions-Phase		Reduzierung (1998 n.s.)	Reduzierung (1998 n.s.)
	Anzahl <i>A. pisum</i> / Pfl. in Besiedlungs-Phase		Reduzierung (1998 n.s.)	Reduzierung (1998 n.s.)
	Anzahl <i>A. pisum</i> / Pfl. in Etablierungs-Phase		Reduzierung (1998 n.s.)	Reduzierung (1998 n.s.)
	Anzahl <i>A. pisum</i> / Pfl. in Reduktions-Phase		Reduzierung (1998 *)	Reduzierung (1998 *)
	Anzahl <i>M. viciae</i> / Pfl. in Besiedlungs-Phase		Reduzierung (1998 n.s.)	Reduzierung (1998 n.s.)
	Anzahl <i>M. viciae</i> / Pfl. in Etablierungs-Phase		Reduzierung (1998 *)	Reduzierung (1998 n.s.)
	Anzahl <i>M. viciae</i> / Pfl. in Reduktions-Phase		Reduzierung (1998 n.s.)	erhöhte Werte (1998 *)
Blattlaus-Arten geflügelt	Anzahl <i>A. fabae</i> alat / Falle in Besiedlungs-Phase	Saugfallen	erhöhte Werte (1999 n.s.)	Reduzierung (1999 n.s.)
	Anzahl <i>A. fabae</i> alat / Falle in Etablierungs-Phase		Reduzierung (1999 n.s.)	erhöhte Werte (1999 n.s.)
	Anzahl <i>A. pisum</i> alat/ Falle in Besiedlungs-Phase		Reduzierung (1999 n.s.)	keine Reduzierung (1999 n.s.)
	Anzahl <i>A. pisum</i> alat/ Falle in Etablierungs-Phase		Reduzierung (1999 n.s.)	Reduzierung (1999 n.s.)
	Anzahl <i>M. viciae</i> alat / Falle in Besiedlungs-Phase		keine Reduzierung (1999 n.s.)	Reduzierung (1999 n.s.)
	Anzahl <i>M. viciae</i> alat / Falle in Etablierungs-Phase		erhöhte Werte (1999 n.s.)	erhöhte Werte (1999 n.s.)
	Σ 3 Hauptarten / Falle in Besiedlungs-Phase		keine Reduzierung (1999 n.s.)	Reduzierung (1999 n.s.)
	Σ 3 Hauptarten / Falle in Etablierungs-Phase		Reduzierung (1999 n.s.)	Reduzierung (1999 n.s.)

Tab. 4.83b: Zusammengefasste Ergebnisse, Fortsetzung 1; Farben: s. Tab 4.83a

			Senf	Stroh
geflügelte Blattläuse	Anzahl alate Blattläuse / Pfl. in Besiedlungs-Phase	Blattlaus-Sichtbonitur	Reduzierung (1998 *)	Reduzierung (1998 ***)
	Anzahl alate Blattläuse / Pfl. in Etablierungs-Phase		erhöhte Werte (1998 n.s.)	erhöhte Werte (1998 n.s.)
	Anzahl alate Blattläuse / Pfl. in Reduktions-Phase		erhöhte Werte (1998 n.s.)	erhöhte Werte (1998 n.s.)
	Anzahl einfliegender Blattläuse / Schale in Besiedlungs-Phase	Gelbschalen	Reduzierung (1998 n.s., 1999 n.s.), [Lupine: Reduzierung (1998 n.s., 1999 n.s.)]	Reduzierung (1997 n.s., 1998 **, 1999 n.s.), [Lupine: Reduzierung (1997 n.s., 1998 **, 1999 n.s.)]
	Anzahl einfliegender Blattläuse / Schale in Etablierungs-Phase		Reduzierung (1998 n.s.), erhöhte Werte (1999 **), [Lupine: Reduzierung (1998 n.s.), erhöhte Werte (1999 *)]	Reduzierung (1998 n.s.), erhöhte Werte (1997 n.s., 1999 n.s.), [Lupine: Reduzierung (1997 n.s., 1998 n.s.), erhöhte Werte (1999 *)]
	Anzahl einfliegender Blattläuse / Schale in Reduktions-Phase		Reduzierung (1998 n.s.), erhöhte Werte (1999 *) [Lupine: Reduzierung (1998 n.s.), erhöhte Werte (1999 **)]	Reduzierung (1998 n.s.), keine Reduzierung (1997 n.s.), erhöhte Werte (1999 n.s.) [Lupine: Reduzierung (1997 n.s., 1998 n.s.), erhöhte Werte (1999 n.s.)]
	Anzahl alate Blattläuse / Falle in Besiedlungs-Phase	Saugfallen	erhöhte Werte (1998 n.s., 1999 n.s.), [Lupine: erhöhte Werte (1998 n.s.)]	Reduzierung (1998 n.s., 1999 n.s.) [Lupine: Reduzierung (1998 n.s.)]
	Anzahl alate Blattläuse / Falle in Etablierungs-Phase		Reduzierung (1998 n.s., 1999 n.s.)	erhöhte Werte (1998 n.s., 1999 n.s.)
	Anzahl alate Blattläuse / Falle in Reduktions-Phase		keine Reduzierung (1998 n.s.)	Reduzierung (1998 n.s.)
	Anzahl alate Blattläuse / 0,5 m² in Besiedlungs-Phase	Fangrahmen	Reduzierung (2000 n.s.)	Reduzierung (2000 *)
	Anzahl alate Blattläuse / 0,5 m² im Herbst; RAPS	Fangrahmen	_____	Reduzierung (1999 n.s., 2000 **) in Klein- u. vor allem in Großparzellen

Tab. 4.83c: Zusammengefasste Ergebnisse, Fortsetzung 2; Farben: s. Tab 4.83a

			Senf	Stroh
Blattläuse, alle Morphen + Arten	Gesamt-Blattlausbefall / Pfl. in Besiedlungs-Phase	Blattlaus- Sichtbonitur	Reduzierung (1998 n.s., 2000 **) keine Reduzierung (1999 n.s.)	Reduzierung (1998 ***, 1999 n.s., 2000 *)
	Gesamt-Blattlausbefall / Pfl. in Etablierungs-Phase		Reduzierung (1998 n.s., 1999 n.s., 2000 ***)	Reduzierung (1998 *, 1999 n.s., 2000 ***)
	Gesamt-Blattlausbefall / Pfl. in Reduktions-Phase		Reduzierung (1998 n.s.) erhöhte Werte (1999 n.s.)	Reduzierung (1998 n.s., 1999 n.s.)
	Gesamt-Blattlausbefall / Pfl. Im Herbst; RAPS	Blattlaus- Sichtbonitur	_____	Reduzierung (2000 ** bzw. ***) in Klein- u. vor allem in Großparzellen
blattlaus- befallene Pflanzen	Anteil blattlausbefallener Pfl. in % in Besiedlungs- Phase	Blattlaus- Sichtbonitur	Reduzierung (1998 n.s., 1999 n.s., 2000 ***)	Reduzierung (1998 ***, 1999 *, 2000 **)
	Anteil blattlausbefallener Pfl. in % in Etablierungs- Phase		Reduzierung (1998 n.s., 1999 n.s., 2000 ***)	Reduzierung (1998 n.s., 1999 n.s., 2000 ***)
	Anteil blattlausbefallener Pfl. in % in Reduktions- Phase		Reduzierung (1998 n.s., 1999 n.s.)	Reduzierung (1998 ***), erhöhte Werte (1999 n.s.)
	Anzahl parasitierte Läuse / Pfl. in Besiedlungs-Phase	Sichtbonitur	kaum vorhanden: reduzierte Werte (1998 n.s., 1999 *)	kaum vorhanden: reduzierte Werte (1998 n.s., 1999 **)
Parasitierung durch Schlupfwespen	Anzahl parasitierte Läuse / Pfl. in Etablierungs-Phase		erhöhte Werte (1998 n.s.) reduzierte Werte (1999 **)	reduzierte Werte (1998 n.s., 1999 **)
	Anzahl parasitierte Läuse / Pfl. in Reduktions-Phase		reduzierte Werte (1998 ***, 1999 n.s.)	reduzierte Werte (1998 ***, 1999 n.s. angenehert)
	Anzahl verpilzte Läuse / Pfl. in Besiedlungs-Phase	Sichtbonitur	kein Pilzbefall (1998, 1999)	kein Pilzbefall (1998, 1999)
Befall mit entomophagen Pilzen	Anzahl verpilzte Läuse / Pfl. in Etablierungs-Phase		reduzierte Werte (1998 n.s., 1999 n.s.)	erhöhte Werte (1998 *) reduzierte Werte (1999 n.s.)
	Anzahl verpilzte Läuse / Pfl. in Reduktions-Phase		reduzierte Werte (1998 n.s., 1999 *)	reduzierte Werte (1998 *, 1999 **)

Tab. 4.83d: Zusammengefasste Ergebnisse, Fortsetzung 3; Farben: s. Tab 4.83a

		Sichtbonitur	Senf	Stroh
monophage Prädatoren (Beispiel)	Anzahl Marienkäfer- Imagines / Pfl. in Besiedlungs-Phase		reduzierte Werte (1998 n.s.)	reduzierte Werte (1998 *)
	Anzahl Marienkäfer- Imagines / Pfl. in Etablierungs-Phase		reduzierte Werte (1998 n.s.)	reduzierte Werte (1998 n.s.)
	Anzahl Marienkäfer- Imagines / Pfl. in Reduktions-Phase		reduzierte Werte (1998 n.s.)	reduzierte Werte (1998 n.s.)
	Anzahl Carabidae / m <sup>2</sup> direkt nach Überwinterung	Bodenphoto- elektoren	erhöhte Werte (1998 *, 1999 *), reduzierte Werte (1998 n.s., 1999 *)	reduzierte Werte (1998 n.s. fast gleich, 1999 n.s.)
polyphage Prädatoren (Beispiel)	Anzahl Carabidae / m <sup>2</sup> in Etablierungs-Phase		erhöhte Werte (1998 n.s., 1999 **), später angenäherte Werte (1998, 1999)	erhöhte Werte (1998 n.s., 1999 **), später angenäherte Werte (1998, 1999)
	Anzahl Carabidae / m <sup>2</sup> in Reduktions-Phase		erhöhte Werte (1998 n.s., 1999 *)	reduzierte Werte (1998 n.s., 1999 n.s. angenähert)
	Anzahl Staphylinidae / m <sup>2</sup> direkt nach Überwinterung	Bodenphoto- elektoren	erhöhte Werte (1998 n.s.), angenäherte Werte (1999 n.s.)	angenäherte Werte (1998 n.s.), reduzierte Werte (1999 *)
	Anzahl Staphylinidae / m <sup>2</sup> in Reduktions-Phase		erhöhte Werte (1998 n.s.), reduzierte Werte (1999 *)	erhöhte Werte (1998 *), angenäherte Werte (1999 n.s.)
Pflanzengröße	Wuchshöhe in cm		erhöhte Werte (1998 ***, 1999 n.s., 2000 n.s.)	erhöhte Werte (1997 ***, 1998 ***, 2000 ***) reduzierte Werte (1999 *)
Ertrag	Tausendkorngewicht		erhöhte Werte (1998 *) [Lupine: leicht reduzierte Werte (1998 n.s.)]	leicht reduzierte Werte (1997 n.s., Lupine 1998 *) erhöhte Werte (1998 *)
	Gesamterntegewicht		erhöhte Werte (1998 n.s.) Lupine: reduzierte Werte (1998 n.s.)	leicht reduzierte Werte (1997 n.s.) erhöhte Werte (1998 *)
	n Schoten		erhöhte Werte (1998 ***, 1999 n.s., 2000 ***)	Lupine: erhöhte Werte (1997 n.s., 1998 n.s.) *** erhöhte Werte (1997 n.s., 1998 ***, 1999 *, 2000 ***)
				Lupine: leicht reduzierte Werte (1997 n.s.)
Virusbefall der Pflanzen	TuYV-Befall in %: RAPS im Herbst	ELISA	_____	Reduzierung (1999 *, 2000 *) in Klein- u. vor allem in Großparzellen (2000 *)
	Virusbedingter Ernteaussfall in % (BYMV, BLRV)		reduzierter Ernteaussfall (1998)	reduzierter Ernteaussfall (1998)
Mikroklima	Einfluss auf Temperatur von Luft + Boden, rel. Luftfeuchte u. Bodenfeuchte	Datalogger, grav. Wasser- gehaltsbestim- mung	bei Temperatur- und Feuchtereime noch schlechter als „konv“, ansatzweise klimaausgleichende Wirkung bei kühlem feuchtem Wetter (1998-2000 teilw. ***)	temperaturausgleichend (v.a. kühlend) und feuchtigkeitskonservierend (1998-2000 teilw. **, 1997 Bodenfeuchte), v.a. bei warmem trockenem Wetter





## 5 DISKUSSION

### 5.1 Vorteile von Mulch- und Direktsaatverfahren im Ackerbau

Die Praxis des Mulchens ist dem Gärtner und in geringerem Maße auch dem Landwirt schon lange bekannt und vielleicht so alt wie der Ackerbau selbst; nach JACKS et al. (1955) ist „Mulch“ folgendermaßen definiert: „Jedes Material, das auf einer Bodenoberfläche verwendet wird, um in erster Linie dem Wasserverlust durch Verdunstung vorzubeugen, Unkräuter zu unterdrücken, Temperaturschwankungen zu dämpfen oder die Boden-Produktivität zu fördern, kann generell als Mulch bezeichnet werden.“ Neben organischem Material wie Humus, Blätter, Rinde, Grasschnitt, Stallmist, Stroh verschiedener Pflanzen, Torf, Erde u. a. fanden in Versuchen auch fabrikmäßig hergestellte Materialien wie verschiedenfarbiges, teilweise wachsextrahiertes Papier, Dachpappe, Glaswolle, Glasscherben, Metallfolie und Cellophan Verwendung (MUSSO 1932, JACKS et al. 1955), in neuerer Zeit auch verschiedenfarbige Kunststofffolien (z. B. SIEKMANN et al. 2003) oder Vliese aus Polypropylen oder Polyester (RELF 2001).

Aus betriebswirtschaftlichen und ackerbaulichen Gründen haben sich in den letzten Jahren nichtwendende Anbautechniken verstärkt in der landwirtschaftlichen Praxis etabliert (GARBE 1987, VOLKMAR et al. 2003). Ein Verzicht auf intensive Bodenbearbeitung wird für die Landwirtschaft immer wichtiger, da Bodenbearbeitung sehr energieaufwändig ist. Beim Einsatz von Mulch- und Direktsaatverfahren steht bisher meist der **Bodenschutz** im Vordergrund. Ernterückstände stabilisieren das Bodengefüge, erhöhen die biologische Aktivität und den Humusgehalt und wirken als Erosions- und Verdunstungsschutz (LINKE 1998). Krumenbasisverdichtungen werden reduziert und die Auswaschung von Stickstoff wird vermindert (LARINK 1998). Beim Zersetzen des Stroh werden dem Boden organische Nährstoffe zugeführt. Direkt- und Mulchsaatverfahren vermindern Erosion besonders in Reihenkulturen, die den Boden erst spät bedecken. Daher haben sich Mulchsaatverfahren insbesondere in Zuckerrüben und Mais vor allem auf Flächen in Hanglage stark durchgesetzt (HEIMBACH et al. 1997). Zudem kann schonende Bodenbearbeitung das **Bodenleben** positiv beeinflussen. So wird zum Beispiel der Besatz mit Regenwürmern durch Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung deutlich erhöht (FRIEBE & HENKE 1991, BRUNOTTE et al. 1992, FENNER 1995, LANGMAACK et al. 1996, JOSCHKO et al. 1997, STOCKFISCH 1997, LARINK 1998), ebenso die Umsatzleistung von Mikroorganismen und die Dichte an Collembolen (HOUSE 1989a+b, FRIEBE & HENKE 1991, LARINK 1997, SCHRADER & LINGNAU 1997, HEINZE et al. 2001b).

Vor allem aus Nordamerika, aber in den letzten Jahren auch aus Deutschland, gibt es Untersuchungen, die zumeist ebenfalls einen positiven Einfluss des Anbaus von Zwischenfrüchten und reduzierter Bodenbearbeitung auf **Nutzarthropoden** wie Laufkäfer (ALDERWEIRELDT & DESENDER 1990, WEISS et al. 1990, HELENUS & TOLONEN 1994), Spinnen (MANGAN & BYERS 1989, ALDERWEIRELDT & DESENDER 1990, SUNDERLAND

1991, ZAHIROVIĆ 2002) und Kurzflügelkäfer (HEINZE et al. 2001a) nachweisen (BLUMBERG & CROSSLEY 1983, HOUSE 1989a, BRUST & HOUSE 1990, GARBE & HEIMBACH 1992, KENDALL et al. 1995, HEIMBACH & GARBE 1996, HEIMBACH et al. 1997). Dabei war in vielen dieser Untersuchungen die Anzahl der Schädlinge gegenüber der „konventionellen“ Bodenbearbeitung reduziert (GARBE & HEIMBACH 1992, BRUST & HOUSE 1990, STINNER et al. 1986). Vor allem die Dichte der wohl wichtigsten Schädlingsgruppe der Blattläuse scheint durch Mulchsaatverfahren reduziert zu werden (PAUL 1986, KENDALL et al. 1991, GARBE & HEIMBACH 1992, FINCH & EDMONDS 1994, JONES 1994, SAUKE & DÖRING 2004). Laut VOLKMAR et al. (2003) können nichtwendende Verfahren das Regulationspotential positiv beeinflussen, was besonders auf einige potente Blattlausvertilger zutrifft.

Grundsätzlich können mehrere Faktoren als verantwortlich für eine reduzierte Blattlausbesiedlung in „Strohmulch“-Parzellen in Betracht gezogen werden. Drei sollen hier herausgegriffen werden, die besonders wichtig erscheinen.

- (1) Die Beeinflussung des Wirtsfindungsverhaltens der Blattläuse (Kap. 5.3.1)
- (2) Eine Vergrößerung der Blattlaus-Prädatoren-Population oder die Erhöhung ihrer Aktivität (Kap. 5.5)
- (3) Veränderungen in der Nährstoffzusammensetzung der Wirtspflanze (Kap. 5.8.1)

## 5.2 Methodenkritik

### 5.2.1 Vergleich verschiedener Blattlaus-Fangmethoden

#### Gelbfangschalen – Sichtbonituren – Fangrahmen (Klebefallen) – Saugfallen

Für die Überwachung der Populationsdynamik und Migrationen geflügelter Blattläuse eignet sich die **Gelbschalenfangmethode** nach MOERICKE (1951). Dabei kann die Schale gelb gefärbt sein (wie in der vorliegenden Untersuchung) oder eine gelbe Flüssigkeit enthalten (CARLSON 1960). Diese Fangmethode beruht auf einer positiven Reaktion der im Befallsflug befindlichen Aphiden gegenüber langwelliger Strahlung (THIEME et al. 1994; s. auch Kap. 5.3.1). Aufgrund der Erkenntnisse von MÜLLER (1953), dass Blattläuse ihren Befallsflug in bodennahen Schichten durchführen, werden die Gelbschalen für die Schaderregerüberwachung auf dem Boden platziert, mit zunehmender Höhe des Kulturpflanzenbestandes auch in Bestandeshöhe.

Verschiedene Firmen bieten Gelbschalen an, die sich in Form, Farbe, Größe, Stabilität und auch Farbstabilität unterscheiden. 1994 wurde von THIEME et al. ein Vergleich der verschiedenen Schalen vorgenommen. Die Aphiden reagierten unterschiedlich auf die verschiedenen Schalentypen. In der vorliegenden Untersuchung wurde eine runde

Gelbschale von 22 cm Durchmesser nach MOERICKE (1951) mit Insektenschutzgitter von der Firma AgrEvo Hoechst Schering GmbH verwendet. Diese schnitt in der Untersuchung von THIEME et al. (1994) nicht gut ab, da sie damals schnell ihre Farbe verlor und blaß gelblich wurde; zudem besaß sie auch noch kein Hummelschutzgitter. Allerdings hat die Firma Hoechst nach der Untersuchung von THIEME et al. (1994) ihre Gelbschale verändert: Sie hat nun ein Hummelschutzgitter und eine verbesserte Farbstabilität. In der vorliegenden Untersuchung kam die überarbeitete Schale zum Einsatz.

Die Dominanzspektren der Gelbfangschalen-Fänge stimmen naturgemäß nicht völlig mit denjenigen der Sichtbonitur überein. Dabei spielt die anlockende (oder auch abschreckende) Farbwirkung der Gelbschalen genauso eine Rolle wie die Tatsache, dass nicht alle einfliegenden Blattläuse auch auf Ackerbohne siedeln. Einige Arten hätten vielleicht ein Probestechen auf den Bohnenpflanzen durchgeführt, andere wiederum wären ohne die Lockwirkung der Schalen ohne zu landen über die Fläche geflogen. Allerdings fing sich die auf Ackerbohne siedelnde, bei der Sichtbonitur eudominant als Hauptart auftretende *Aphis fabae* auch in den Gelbfangschalen in vergleichbarer Dominanz. Die zweite Hauptart *Acyrtosiphon pisum* dominierte in den Gelbfangschalen jedoch nicht so deutlich, *Megoura viciae* fing sich 1998 überhaupt nicht in den Farbschalen und trat 1999 in den Gelbschalen nur subrezedent auf. Einige in den Gelbfangschalen-Fängen dominant bzw. subdominant auftretende Arten fanden sich bei der Sichtbonitur entweder gar nicht oder nur sporadisch (Tab 4.1), wie z. B. *Cavariella aegopodii*, die auch bei der Untersuchung von THIEME et al. (1994) zu den 3 am häufigsten gefangenen Arten gehörte und auch laut MÜLLER (1975) häufig in Gelbschalen gefangen wird. Bei der Analyse von Gelbschalenfängen ist also zu berücksichtigen, dass die Fangzahlen nicht die Abundanzen der Blattlausarten im Biotop bzw. der Kultur widerspiegeln, sondern ihre Flugaktivität und die Lockwirkung der eingesetzten Farbe.

Zu den berechneten Dominanzverhältnissen der Arten in Gelbschalen und bei Sichtbonituren (Tab. 4.1) ist zu bemerken, dass der Anteil einer Art am Gesamtvolumen der Fangperiode, und damit ihre Dominanz, ganz entscheidend von der Dauer dieser Fangperiode und der ermittelten Gesamtzahl an Tieren abhängt. Daher lassen sich die Versuchsjahre nicht ohne Einschränkungen vergleichen. Die Gelbfangschalen 1998 und 1999 wurden unterschiedlich lange aufgestellt: 1998 nur 19 Tage von Ende April bis Mitte Mai, 1999 dagegen 43 Tage von Mitte Mai bis Anfang Juli. Dementsprechend wurden 1998 48 Blattlausarten gefangen, 1999 dagegen 60 Arten. Würde man 1999 die gleiche Fangdauer wählen wie 1998, also in die Berechnung der Dominanzspektren nur 19 Tage einbeziehen, käme man nur noch auf 39 Arten mit veränderten Dominanzen. Die Blattlausarten treten zudem in zeitlicher Abfolge im Jahresverlauf auf. Schließt man die Fallen zu früh im Jahr, kann es sein, dass man bestimmte Arten gar nicht erfasst, weil sie erst später erscheinen. Das gleiche gilt für die Sichtbonituren. 1998 wurden diese 3½ Monate durchgeführt, 1999 nur gut 2 Monate und 2000 knapp 2 Monate.

Den Gelbfangschalen kommt zudem noch eine anlockende Wirkung durch ihre Farbe zu, die das eigentliche Artenspektrum und die Zahlen verfälschen könnten. Verschiedene Blattlausarten reagieren unterschiedlich auf verschiedene Wellenlängen des Lichtes (s.o.). Dafür erfasst man mit Hilfe von Gelbfangschalen das Spektrum potenzieller Virus-Vektoren, auch wenn man nicht mit Sicherheit sagen kann, ob die Tiere zu einem Probestechen auf den Pflanzenbestand niedergegangen wären oder nur durch die Gelbfangschalen selber zur Landung angeregt wurden. Mit Hilfe der **Sichtbonitur** lassen sich zwar ebenfalls geflügelte Tiere erfassen, aber dadurch, dass man immer nur einen Teil der Pflanzen eines Bestandes bonitieren kann (maximal wurden 100 Pflanzen / Parzelle bonitiert) sind die Gelbfangschalen (und auch die Blattlaus-Fangrahmen) die geeignetere Methode zur Erfassung der Geflügelten.

Mit Hilfe von **Blattlaus-Fangrahmen** lassen sich ohne Anlockwirkung gut geflügelte Tiere fangen, allerdings bereitete die anschließende Bestimmung der Blattlausarten Schwierigkeiten. Die Läuse ließen sich nur mühsam vom Netz ablösen, oft unter Verletzung des Körpers und vor allem der Flügel. Bedingt durch das Verkleben der Blattläuse mit dem aufgesprühten Insektenleim, der sich mit den ausgetesteten Lösungsmitteln nicht gut lösen ließ, waren oft wichtige Bestimmungsmerkmale nicht mehr zu erkennen, während sich die Tiere aus den wassergefüllten Gelbfangschalen ohne Schwierigkeiten heil und schnell herausammeln lassen. Eventuell findet sich bei weiteren Testreihen noch ein Lösungsmittel, das den Insektenleim wesentlich besser löst als das im vorliegenden Versuch am besten funktionierende Benzin. So könnte der Vorteil der Fangrahmen, Erfassung der anfliegenden Läuse ohne Beeinflussung durch Farbe, auch genutzt werden.

Während eine Gelbschale ein passives Fanggerät ist, wenn man einmal von der Anlockwirkung absieht, werden mit Hilfe der elektrisch betriebenen **Saugfallen** alle in einem bestimmten Luftvolumen befindlichen Aphiden und auch deren geflügelte Antagonisten aktiv gefangen. In Großbritannien (Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Hertfordshire) wird schon seit 1968 ein Monitoring der migrierenden Aphiden mit Hilfe von Saugfallen in 12,2 m Höhe betrieben (TAYLOR 1984). In der vorliegenden Untersuchung wurde mit Hilfe der höhenverstellbaren Geräte in Bestandeshöhe gefangen, um möglichst nur die Arten zu erfassen, die sich im Landeanflug auf die Ackerbohnenkultur befanden, sei es zum Siedeln oder Probestechen.

Blattläuse mit geringerer Gelbempfindlichkeit sind mit Hilfe von Gelbschalen weniger gut zu erfassen. Vergleicht man also Saugfallen- und Gelbschalenfänge, so erfolgt der Erstdnachweis dieser Arten in Saugfallen, wo sie auch in bedeutend größerer Anzahl vertreten sind als in Gelbschalen, wie es KARL et al. (1991) für die Getreideblattläuse *Rhopalosiphum padi* und *Sitobion avenae* festgestellt haben, für *Metopolophium dirhodum* fanden sie dagegen keinen Unterschied zwischen den Fangmethoden. REICHWALD (1989) fand für die Getreideläuse eine etwas stärker anlockende Wirkung von Grün, insbesondere für die oben genannten Arten. Nach EASTOP (1955) zeigen hauptsächlich Grasaphiden und

nach LAMB (1958) Gras- und Schilfaphiden nur eine geringe positive Reaktion auf Gelb. Auch O'LOUGHLIN (1963) fing *S. avenae*, *Rhopalosiphum maidis* und vor allem *R. padi* deutlich häufiger in Klebefallen als in Gelbschalen. Vor allem für *Myzus persicae*, *Aphis fabae* und *Brevicoryne brassicae* ist die Gelbfangschale besser geeignet (KARL 1989), da für sie die gelbe Farbe eine große Lockwirkung hat.

### 5.2.2 Vergleich verschiedener Fangmethoden für Blattlaus-Antagonisten

#### Sichtbonituren – Bodenphotoelektoren – Gelbfangschalen – Saugfallen zur Erfassung von monophagen bzw. polyphagen Blattlausantagonisten

Die **Sichtbonitur** ist nicht die adäquate Methode zur Erfassung von geflügelten Blattlaus-Prädatoren. Viele Antagonisten wurden hierbei sicherlich nicht erfasst, was auch die sehr geringen Zahlen pro Pflanze sowie das Fehlen von z. B. Florfliegen-Imagines erklärt. Die geflügelten, nicht ortstreuen Schlupfwespen-Imagines lassen sich mit dieser Methode nicht systematisch und auf eine Fläche bezogen erfassen (eher „Zufallsfunde“); man erhält lediglich qualitative und keine quantitative Aussagen. Schlupfwespen-Imagines ernähren sich von Honigtau und Nektar, brauchen nur sehr geringe Mengen an Nahrung aufgrund ihrer geringen Größe, z. B. im Vergleich zum relativ ortstreuen (auch geflügelten) Marienkäfer-Imago, der sich von wesentlich mehr Blattläusen ernährt, dadurch länger frisst und so bei der Sichtbonitur besser zu erfassen ist als die sehr kleinen Schlupfwespen. Die immobilen Stadien der monophagen Blattlausprädatoren, wie Schwebfliegen-, Florfliegen- und Marienkäfer-Puppen sowie Eigelege, aber auch die mobilen Larven und Marienkäfer-Imagines, die sich in direkter Nähe der Blattlauskolonien aufhalten, lassen sich mit Hilfe der Sichtbonitur allerdings am besten erfassen. Auch erhält man bei der Parallelerfassung von Blattlauspopulation und Antagonisten auf ein und derselben Pflanze eine direkte Vergleichbarkeit, die bei anderen Erfassungsmethoden der Prädatoren nicht in dem Maße gegeben ist.

Die **Photoelektoren**, die man auch zum Fang monophager Blattlausräuber einsetzen kann, haben den Nachteil, dass nur ein geringerer Anteil Räuber gefangen wird als bei der Sichtbonitur, mit der Betrachtung von 100 Pflanzen pro Parzelle, gefunden werden kann.

Um sich einen Überblick über das Vorkommen geflügelter Blattlausantagonisten zu verschaffen, kann man sehr gut **Gelbfangschalen** benutzen, vorausgesetzt die Tiere reagieren auf den gelben Farbreiz.

Bei Insekten, wo dies nicht der Fall ist, eignet sich der Einsatz von elektrisch betriebenen **Saugfallen**, die möglichst nah über dem Bestand aufgestellt werden sollten. Die epigäischen Raubarthropoden lassen sich am besten mit Hilfe der verwendeten Bodenphotoelektoren erfassen. Man erhält Abundanzen, Aussagen über die

Individuendichte pro m<sup>2</sup>. Über die Aktivitätsdichte dieser Tiere gibt der Einsatz von Barberfallen Aufschluss.

### **5.2.3 Parzellengröße - Randeffekte**

Im Jahr 2000 des Freilandversuchs in Winterraps (Großparzellen) hatte der Abstand der Probennahmenstellen vom Parzellenrand einen deutlichen Einfluss auf die gemessenen Virusinfektionswerte. Die höheren Virusinfektionswerte bei Nachbarschaft zu unbehandelten Arealen lassen sich nur durch Einwandern von Blattläusen aus diesen Bereichen heraus erklären. Auch kam es umgekehrt zu höherem TuYV-Befall in „konventionell“ behandelten Parzellenbereichen, die an „Stroh“-gemulchte oder mit dem blattlauswirksamen Insektizid 'PONCHO' behandelte Parzellen angrenzten. Die Infektionswerte waren dabei bei an „Stroh“ angrenzende Bereiche mit 96 % TuYV-Befall noch höher als die an 'PONCHO' angrenzenden Parzellenteile mit durchschnittlich 92 % TuYV-Befall, im Vergleich zu nur 78 % Virusbefall in unbeeinflussten Teilen (Mitte der Parzelle und angrenzend an „konv“) der „konventionellen“ Variante. Bei an „Stroh“ angrenzende Parzellenteile der „konventionell“ bearbeiteten Flächen wäre folgende Erklärung denkbar: Da „Stroh“ eine optische Wirkung hat, könnte man annehmen, dass Blattläuse im Anflug, abgeschreckt durch die Strohschicht, etwas (2 bis 4 m) neben den Stroh Bereichen landen, also am Rand der „konventionellen“ Parzelle. Landen sie neben dem Stroh in einer 'PONCHO'-behandelten Parzelle, so sterben sie nach kurzer Zeit durch Aufnahme des systemisch wirkenden Insektizids.

Kleinparzellen sind also nicht immer geeignet, realistische Vorhersagen zur Wirksamkeit von Insektiziden oder verschiedenen Anbauverfahren auf virusübertragende Blattläuse zu treffen, da es bedeutende Nachbarschaftseffekte von unbehandelten Arealen auf der Versuchsfläche gibt. Dabei dürfte die Bedeutung einer ausreichenden Parzellengröße von der Dauer der Aktivitätsphase der Virusüberträger und der Dauer der Zeit zwischen Behandlung und Messung der Virusinfektion abhängen. Feldversuche sollten daher im Hinblick auf eine ausreichende Parzellengröße stärker unter Berücksichtigung von möglichen Nachbarschaftseffekten zwischen Parzellen mit guter Wirksamkeit gegen Virusvektoren und Flächen ohne oder mit schlechter Wirksamkeit geplant werden.

## **5.3 Wirkung der Strohaufgabe auf den Blattlausbefall**

### **5.3.1 Optische Wirkung der Strohaufgabe bei der Erstbesiedlung eines Kulturpflanzenbestandes**

Die „Strohaufgabe“ bewirkte in Ackerbohnen besonders während der „Besiedlungs-Phase“ im Mai und Juni, also während des Befallsfluges, eine Reduzierung der Zahl in den

Bestand einfliegender Blattläuse. Mit Beginn der „Etablierungs-Phase“ ab Anfang Juli und auch in der folgenden „Reduktions-Phase“ zeigte die „Strohvariante“ in Ackerbohne keinen reduzierenden Effekt mehr auf die Zahl alater Blattläuse in Gelbschalen. In Lupine dagegen blieb die Wirkung des „Strohmulchs“ über den gesamten Fangzeitraum erhalten.

Nicht nur im Frühjahr (Ackerbohne, Lupine), sondern auch im Herbst (Winterraps) hatte der Einsatz von „Strohmulch“ eine signifikante Minderung der Blattlauszahlen zur Folge. Dies zeigte sich sowohl bei der Gesamtzahl der Blattläuse (Sichtbonituren) als auch bei geflügelten Tieren. Da die Zahl in den Kulturpflanzenbestand einfliegender Blattläuse beeinflusst wurde, kann man in diesem Fall von einer optischen Wirkung der „Strohmulch“-Auflage ausgehen.

Geflügelte Blattläuse sind in der Regel verantwortlich für den Beginn der Besiedlung von ackerbaulichen Kulturen. Es ist bekannt, dass sich diese geflügelten Blattläuse je nach Blattlausart während des Befallsfluges zunächst optisch und / oder olfaktorisch orientieren. Die eigentliche Wirtsfindung geschieht dann aber über den taktilen und chemischen Sinn durch Prüfung der Oberfläche und anschließendes Probestechen am Landeplatz. Farbunterschiede (z. B. MOERICKE 1950), unterschiedliche Kontraste zwischen Pflanze und Untergrund (MÜLLER 1957, 1964, NEITZEL & MÜLLER 1959) und Geruchsstoffe der Pflanzen (NOTTINGHAM et al. 1991a, NOTTINGHAM & HARDIE 1993) sind wichtige Landereize für in Befallsstimmung befindliche alate Blattläuse. Solche Reize können daher auch genutzt werden, um das Landeverhalten der Blattläuse zu beeinflussen. Visuelle Reize sind für die Fernorientierung ausschlaggebend. Hierbei spielen sowohl Formen als auch besonders **Farben** eine Rolle (MOERICKE 1955, OHNESORGE 1991). Die Attraktivität einer Farbe ist nicht für alle Aphidenarten gleich. Die meisten Blattläuse landen vor allem auf *gelben* Oberflächen (560-590 nm im Lichtspektrum) (MOERICKE 1955, KRING 1972, KIECKHEFER et al. 1976, BURROWS et al. 1983, CAMPBELL 1991), wo dazu auch die meisten Probeanstiche ausgelöst werden (OHNESORGE 1991), oder auch auf gelbgrünen (500-560 nm) (MOERICKE 1951, 1955, KIECKHEFER et al. 1976, NOTTINGHAM et al. 1991). Dabei kann Ultraviolettbeimischung wichtig sein (MOERICKE 1950).

Eine Ausnahme bilden die meisten Gras- und Schilfaphiden, zu denen auch die Getreideblattläuse gehören, die nur eine geringe positive Reaktion auf Gelb zeigen (EASTOP 1955, LAMB 1958, O'LOUGHLIN 1963, KARL et al. 1991). Nach REICHWALD (1989) werden sie dagegen stärker von Grün, und, im Gegensatz zu den übrigen Blattlausarten (MOERICKE 1955) in geringerem Maße auch von Blau, angelockt. Einige Arten scheinen eine gewisse Vorauswahl beim Anflug von Pflanzenbeständen allein aufgrund der Farbe treffen zu können. *Aphis fabae* fliegt in höherem Maße auf Farbschalen mit geringem Weißanteil, insbesondere auf einen gesättigten Gelbton (MOERICKE 1955). Die Mehligke Pflaumenblattlaus *Hyalopterus pruni* wird dagegen mehr in Schalen mit hohem Weißanteil gefangen (OHNESORGE 1991) bzw. fliegt ungesättigtes Graugrün (Milchgrün) weit häufiger als Gelb an (MOERICKE 1955). Die anlockende

Farbkombination entspricht dabei ungefähr der Färbung der jeweiligen Sommerwirte, wie der Rübe bei *A. fabae* bzw. des Schilfrohes bei *H. pruni* (MOERICKE 1969). Eine Pflanzenfärbung, die der maximal anlockenden Farbe nicht entspricht, kann die Ursache für einen geringeren Befall und somit eine resistenzbedingende Eigenschaft sein. Dies ist insbesondere bei einer Rotfärbung von Blättern durch Anthocyane der Fall. Rotgefärbte Kohlsorten werden oft weniger von Blattläusen befallen, ebenso braunblättrige Salatsorten (OHNESORGE 1991).

Diese visuelle Orientierung der Blattläuse bei der Erstbesiedlung eines Kulturpflanzenbestandes kann man sich durch „optische Tarnung“ der Wirtspflanzen durch Aufbringen einer Mulchschicht auf die Bodenoberfläche zunutze machen. Verschiedene Mulchmaterialien wurden schon auf ihre Wirksamkeit bei der Reduzierung von Blattlauszahlen und Virusbefall in verschiedenen Kulturen, wie z. B. im Getreide (KENDALL et al. 1991), in Lupinen (JONES 1994), im Gemüseanbau (WYMAN et al. 1979) u. a., getestet. Dabei wird angenommen, dass die Wirksamkeit gegen Blattlausanflug bei Aluminium- oder verschiedenfarbigen Kunststoffstreifen auf den **Licht reflektierenden Eigenschaften** dieser Materialien beruht (KRING 1964, WOLFENBARGER & MOORE 1968, GEORGE & KRING 1971, SHANDS & SIMPSON 1972, ZITTER & SIMONS 1980, MCLEAN et al. 1982, SIMONS 1982, BURTON & KRENZER 1985, SCHALK & ROBBINS 1987, GIBSON & RICE 1989, JONES 1991, KRING & SCHUSTER 1992). Solche Mulchschichten reflektieren einen hohen Anteil der ultravioletten Strahlung der Sonne und bewirken, dass die anfliegenden Blattläuse die Farbe der Pflanzen nicht klar erkennen können und dadurch nicht auf der Pflanze landen (TOSCANO et al. 1979). Auch Stroh könnte, ähnlich wie silberfarbenedes Mulchmaterial, kurzwellige Strahlung reflektieren und damit die optische Orientierung von Blattläusen stören (KRING 1964, WOLFENBARGER & MOORE 1968, JONES 1991, SIEKMANN et al. 2003, SAUKE & DÖRING 2004).

Obwohl nur in wenigen Untersuchungen quantitative Spektralmessungen durchgeführt wurden (KENNEDY et al. 1961, COSTELLO 1995), ist bekannt, dass anfliegende Blattläuse von kürzeren Wellenlängen, etwa unterhalb von 500 nm, abgeschreckt und von langwelligem Licht, insbesondere Gelb, angezogen werden (MOERICKE 1950, HARDIE 1989). Ein gesättigter Gelbton stellt dabei für die meisten Arten einen noch größeren Landereiz dar als die Pflanzen selber. Dies hängt, wenigstens bei manchen Arten, mit der geringen Lichtintensität einer grünen Fläche zusammen (MOERICKE 1955). Die Reinheit oder Sättigung eines Farbtones spielt bei der Reizwirkung eine entscheidende Rolle. Bei Untersuchungen von MOERICKE (1955) zeigte Gelb vor allen anderen Farbtönen, insbesondere auch vor Gelbgrün, und eine gesättigte Farbe vor einer ungesättigten, also einer weiß- oder schwarzverhüllten Farbe, besonders starke Landereizwirkung (Ausnahmen: z. B. *Hyalopterus pruni* wurde stärker von Milchgrün, *Capitophorus*-Arten stärker von Schwarzgrün angelockt). Yellowkranke gelb-grüne Rübenblätter, deren Farbe dem gelben Anstrich der Farbschale recht nahe kam, kamen in ihrer Anlockwirkung der Gelbschale am nächsten, gefolgt von Salatpflanzen, deren gesunde Blätter den stärksten natürlichen



Farblandereiz besitzen (MOERICKE 1955). Gesunde dunkelgrüne Rübenblätter erhielten wesentlich weniger, Weißkohl nur geringen (fast ausschließlich durch *Brevicoryne brassicae* L. und *Myzus persicae* Sulz.) und Rotkohl keinen Zuflug. Junge Blätter wurden gegenüber alten bevorzugt. Die Tatsache, dass mit dem Yellow-Virus infizierte Pflanzen stärker als gesunde Pflanzen befliegen werden, zeigt die besondere Dringlichkeit von Maßnahmen gegen starken Befallsflug, da es dadurch noch zu einer verstärkten Ausbreitung des Virus kommt. Die anlockende Wirkung der gelben Farbe auf Blattläuse wird auch durch den erfolgreichen Einsatz von **Gelbfangschalen** zur Kontrolle des Befallsdrucks im Bestand bestätigt. Die Farbempfindlichkeit ist jedoch artspezifisch verschieden (s.o.).

Die in der vorliegenden Untersuchung hauptsächlich gefundenen Blattlausarten, die die Ackerbohne besiedelnde *Aphis fabae* sowie die auf Winterraps siedelnden Arten *Brevicoryne brassicae* und *Myzus persicae* besitzen eine hohe Gelbempfindlichkeit (KARL 1989). Vor diesem Hintergrund wirkt die abschreckende Wirkung der gelben Strohschicht auf den ersten Blick erstaunlich. Man würde eher eine anlockende Wirkung des Strohmulchs erwarten. Allerdings entspricht das Gelb des Strohhäckselns nicht dem gesättigten Gelbton einer maximal anlockenden Farbschale, sondern eher dem Erscheinungsbild verwelkter Pflanzen. Man geht davon aus, dass Blattläuse in der Lage sind, abgestorbenes Pflanzenmaterial zu erkennen, und sich dadurch von einer Landung abhalten lassen (HEIMBACH pers. Mitt.).

Allerdings spielen bei der visuellen Orientierung der Blattläuse neben dem direkten Einfluss der Wellenlänge auch noch andere optische Faktoren eine Rolle. So kommt es bei der Wirtsfindung der Blattlaus zum Beispiel auf den **Kontrast der Wirtspflanze zum Untergrund** an (MÜLLER 1964, SMITH 1976). Ein deutlicher Helligkeits- oder Farbkontrast verstärkt die Wirkung eines optischen Reizes erheblich (OHNESORGE 1991). Blattläuse landen häufiger auf Pflanzen oder in Farbfallen, wenn diese auf kahlem Boden stehen, als wenn der Boden von dichter Vegetation bedeckt ist (SMITH 1976, MCKINLAY 1985, OGENGA-LATIGO et al. 1992, BOTTENBERG & IRWIN 1992b), die die optomotorische Antwort der Blattlaus (KENNEDY et al. 1961) oder ihre Phototaxis (MOERICKE 1955) beeinflusst. Verunkrautete Ackerbohnenbestände oder solche, die in Reihenmischung mit Hafer stehen, wurden weniger von der *A. fabae* besiedelt als Reinbestände (MOERICKE 1955, NEITZEL & MÜLLER 1959, MÜLLER 1957, 1964, KENNEDY et al. 1961). Auch andere Untersuchungen zeigten, dass Mischkulturen oder Untersaaten oftmals die Anzahl einwandernder geflügelter Blattläuse im Vergleich zu Monokulturen reduzieren konnten (HORN 1981, TUKAHIRWA & COAKER 1982, ANDOW et al. 1986, CARTWRIGHT et al. 1990, BOTTENBERG & IRWIN 1992a).

Durch Ausbringen einer Strohmulchschicht wird der Kontrast zwischen Pflanze und Boden vermindert (Tarnung der Wirtspflanze), was eine mögliche Erklärung für den abweisenden Effekt des Strohs sein könnte. In allen untersuchten Kulturen, sowohl in den Sommersaaten Ackerbohne, Lupine und Erbse als auch in der Wintersaat Winterraps, und

in allen Versuchsjahren (1997-2001) war eine deutlich reduzierende Wirkung des „Strohmulchs“ auf die Zahl der Blattläuse und den Anteil virusbefallener Pflanzen zu erkennen. Dabei kann der reduzierte Anflug durch geflügelte Blattläuse beim Befallsflug im Frühjahr (Ackerbohne, Lupine) und Herbst (Winterraps) in der „Stroh“-Variante sicher als wichtiger Grund hierfür angesehen werden, denn in den meisten Fällen war sowohl die Anzahl anfliegender als auch siedelnder Blattläuse reduziert. Die Reduzierung des Blattlauszufluges war zumeist dann am stärksten, wenn die Kultur den Boden noch nicht deckte, solange also noch Kontraste zwischen Boden und Pflanze (in der „konventionellen“ Variante) erkennbar waren. Mit fortschreitender Bodenbedeckung durch die Pflanzen, je weiter das Wachstum der Pflanzen voranschritt, umso mehr verlor sich die positive Wirkung des „Strohs“. Diese Beobachtung, die in der vorliegenden Untersuchung gemacht wurde, deckt sich auch mit den Befunden anderer Autoren, wie z. B. ADLERZ & EVERETT 1968, SHANDS & SIMPSON 1972a, ZALOM 1981, GIBSON & RICE 1989, ANTIGNUS 2000.

Es ist auch bekannt, dass inhomogene Bestände üblicherweise stärker mit Blattläusen besetzt sind als ein homogener Pflanzenbestand (MÜLLER 1957). Dies könnte den sehr starken Zuflug alater Blattläuse auf „konventionell“ behandelte Großparzellen mit lückigem Winterraps-Bestand im Vergleich zum homogenen Raps-Bestand in den Kleinparzellen erklären; infolge der Kontrastminderung zwischen Kulturpflanze und Untergrund in der mit „Stroh“ gemulchten Variante kam es in den Großparzellen zu stärkerer und länger anhaltender Reduzierung der Blattlausdichte als in den Kleinparzellen (Abb. 4.90).

Aufgrund der höchsten Kontrastwirkung zwischen Pflanze und Boden zu Beginn der Vegetationsentwicklung, die sich bei zunehmendem Pflanzenwachstum immer weiter verliert, ist auch die höchste Reduzierung der Virusübertragung durch Mulchen im Frühjahr erreichbar. Zu diesem Zeitpunkt, nämlich im Frühjahr, ist auch die Gefahr der **Virusübertragung** am größten, da sich jetzt die meisten Virusvektoren im Befallsflug befinden. Auch bei SAUCKE & DÖRING (2004) war die Reduzierung der PVY-Übertragung in Kartoffel am stärksten in der Anfangsphase der Pflanzenentwicklung. Dabei sind nicht nur die auf einem Kulturpflanzenbestand siedelnden Arten für die Virusübertragung von Bedeutung, sondern auch, vielleicht sogar vor allem, die nichtsiedelnden Blattlausarten, die beim häufigeren Probesteichen mehr nichtpersistente Pflanzenviren übertragen können als siedelnde Arten (z. B. OHNESORGE 1991, HEIMBACH et al. 1998). Geflügelte Blattläuse führen nach der Landung erst einige Probestiche durch, ehe sie sich zum Festsetzen oder Abflug entscheiden. Diese Anstiche spielen eine wesentliche Rolle für die Wirtspflanzen-erkennung und eine entscheidende Rolle bei der Übertragung nichtpersistenter Pflanzenviren (NOTTINGHAM et al. 1991, OHNESORGE 1991, NOTTINGHAM & HARDIE 1993).

Tiere, die auf einer untauglichen Pflanze gelandet sind, wandern bald wieder ab und führen auf der nächsten Pflanze einen erneuten **Probestich** aus. Tiere, die eine geeignete

Wirtspflanze erreicht haben, verweilen. Hat die Blattlaus erst einmal das Phloem angezapft, dann bleibt sie in der Regel lange Zeit an einem Saugort sitzen. Wie lange sie verweilt, ist jedoch auch artspezifisch verschieden. *Aphis fabae* bildet, nachdem sie eine **geeignete Wirtspflanze** gefunden hat, ihre Flugmuskulatur zurück und ist demnach sehr ortstreu. Damit gehört sie nicht zu den effektivsten und wichtigsten Virusüberträgern, wie z. B. *Myzus persicae*, deren Migranten von Pflanze zu Pflanze fliegen und überall neue Kolonien gründen. Diese Art ist im Gegensatz zu *A. fabae* extrem polyphag und flugaktiv.

Die stärkere Beeinflussung von *Myzus persicae* durch das Mulchen im Vergleich zu *Brevicoryne brassicae* im Winterraps könnte daran liegen, dass Blattläuse flüchtige Stoffe der Wirtspflanze erkennen können (NOTTINGHAM et al. 1991, NOTTINGHAM & HARDIE 1993) und dass solche Wirtspflanzengerüche sicher eher von wirtsspezifischen Blattlausarten wie *B. brassicae* als von polyphagen Arten wie *M. persicae* erkannt werden können.

Ausschlaggebend für eine erfolgreiche Besiedlung können das Vorhandensein bestimmter Glycoside oder Alkaloide, das Spektrum an Aminosäuren und der pH-Wert sein. Auch der Entwicklungszustand der Pflanze oder eines Pflanzenteils kann über die Attraktivität als Wirtspflanze entscheiden (MÜLLER 1968, JACOBS & RENNER 1988). Eine Ursache für geringere Blattlauszahlen in Mulchsaatvarianten könnte auch in einer schlechteren Vermehrung der Blattläuse durch veränderte Nahrungsqualität der Wirtspflanzen in gemulchten Parzellen liegen (NOZON 1990). Dabei sind die Ansprüche an die Wirtspflanze artspezifisch verschieden und können sogar zur Unterscheidung von Unterarten oder Rassen einer Blattlausart herangezogen werden. Dies kann man sich bei der Resistenzzüchtung der Kulturpflanzen zunutze machen. MÜLLER (1951) fand heraus, dass *A. fabae* auf einer resistenten Ackerbohnenorte trotz gleicher Zuflugintensität während des Befallsflugs sehr viel weniger Initialkolonien ausbildete. Daneben spielen auch ernährungsphysiologische Resistenzmechanismen eine Rolle, welche die Entwicklung der Bohnenläuse nach der Ansiedlung auf der Wirtspflanze hemmt. Bei gleicher Entwicklungsgeschwindigkeit brachte *A. fabae* auf resistenten Sorten weniger und kleinere Nachkommen hervor (postinfektionelle Resistenz) (MÜLLER 1961).

1999 hatte die Zwischenfrucht „Senf“ in Ackerbohne und Lupine eine größere optische Wirkung auf anfliegende Blattläuse in Gelbfangschalen als die „Strohmulch“-Auflage. Bedingt durch den relativ milden und feuchten Herbst/Winter 1998/1999 erreichte die Zwischenfrucht im Frühjahr 1999, anders als 1998, die stattliche Höhe von ca. 30 cm. Nach dem Abtöten der Senfpflanzen mit dem Herbizid 'ROUNDUP' hatten die gelblichen Stängel ein ähnliches Erscheinungsbild wie das aufgebrachte Strohhacksel. Insofern kann man sich vorstellen, dass in diesem Fall die „Senf“-Variante eine ähnliche optische Wirkung erzielen kann wie die „Strohmulch“-Parzellen.

In der „Strohmulch“-Variante waren bei der Sichtbonitur 1999 zwar am ersten Boniturtermin (am 25.5. bei *A. fabae* und *A. pisum*; am 7.6. bei *M. viciae*) bei allen 3 Blattlausarten die meisten Geflügelten zu finden. Es spricht aber trotzdem dafür, dass im

„Stroh“ die Geflügelten zeitverzögert gegenüber den anderen Varianten, besonders gegenüber „konv“ aufgetreten sind, weil in den anderen Varianten schon zum gleichen Zeitpunkt, an dem in der „Strohmulch“-Variante ausschließlich geflügelte Blattläuse gefunden wurden, auch schon Aptere und Larven auftraten. Da die Erstbesiedlung eines Kulturpflanzenbestandes aber von geflügelten Tieren ausgeht, die dann Larven absetzen, die sich nach generell 4 Häutungen (ausnahmsweise 5 als Vorstufe zur geflügelten Imago (WOOD & STARKS 1975 in MINKS & HARREWIJN 1987) innerhalb einer bis zwei Wochen zu Apteren entwickeln, die dann ihrerseits wiederum Larven absetzen, muss die Entwicklung in der „konventionellen“ und der Variante mit Zwischenfrucht „Senf“ schon weiter fortgeschritten gewesen sein und somit die Erstbesiedlung dieser Varianten schon früher bzw. mit mehr geflügelten Läusen erfolgt sein als in der Variante mit „Stroh“-Auflage.

### **5.3.2 Wirkung des Strohmulchs im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode**

Bei Untersuchungen in Hafer und Kartoffeln (ROTHMAN 1967) verlor der Mulch in der späteren Vegetationsperiode, nach Erreichen der Saison-Mitte, seine Wirksamkeit bei der Reduzierung der Blattlauszahlen. Dies wurde auf eine nicht ausreichende reflektierende Oberfläche, ein Massenaufkommen von geflügelten Vektoren (KRING 1972), reduzierten Parasitismus (CRANSHAW & RADCLIFFE 1980) und fortschreitende Entwicklung der Kulturpflanzen zurückgeführt, die im Verlauf ihres zunehmenden Wachstums die Mulchschicht verdecken (z. B. SHANDS & SIMPSON 1972). In der vorliegenden Untersuchung konnte bestätigt werden, dass die „Strohmulch“-Schicht ihre vornehmliche Wirkung zur Zeit der Erstbesiedlung des Bestandes durch geflügelte Aphiden („Besiedlungs-Phase“) entfaltete und die Wirkung des Mulchens im Jahresverlauf nachließ. Dies galt 1997 für Gelbfangschalenfänge in der Ackerbohnen-Kultur, nicht jedoch für Lupine, in der es im „Stroh“ in allen 3 Besiedlungsphasen zur Reduktion einfliegender Läuse gegenüber „konventioneller“ Bodenbearbeitung kam. 1999 zeigte das Mulchen mit „Stroh“ bei der Sichtbonitur in Ackerbohne ab der späten „Etablierungs-Phase“ keine eindeutig Blattlaus-reduzierende Wirkung mehr, lediglich die Blattlauszahl pro Pflanze war in allen 3 Befallsphasen im „Stroh“ geringer als in „konv“, nicht jedoch der Anteil befallener Pflanzen. In Gelbfangschalen 1999 konnte man in der „Strohmulch“-Variante in der „Etablierungs“- und der „Reduktions-Phase“ keinen reduzierenden Effekt erkennen, sondern im Gegenteil eine z. T. beträchtlich erhöhte Fangzahl. Auch in Saugfallen-Fängen 1999 in Ackerbohne wurden in der „Etablierungs-Phase“ im „Stroh“ die meisten alaten Blattläuse gefunden, im „Senf“ die wenigsten. In der „Besiedlungs-Phase“ war die Zahl der einfliegenden Blattläuse in die „Stroh“-bedeckten Parzellen gegenüber der „konventionellen“ Variante dagegen deutlich (um 40 %) reduziert. Über den „Senf“-Parzellen wurden zur Zeit des Befallsfluges im Frühjahr in Ackerbohne fast 4-mal so viele Alate gefangen wie über „Strohmulch“-Parzellen.

Allerdings reichte die Wirkung des Fernhaltens einfliegender Blattläuse im Frühjahr in einigen Jahren und Kulturen bis zum Ende der Vegetationsperiode: Auch zum Befallshöhepunkt („Etablierungs-Phase“) und sogar in der „Reduktions-Phase“ wurden in den mit „Stroh“ gemulchten Parzellen noch geringere Blattlauszahlen gefunden als in der „konventionell“ behandelten Variante. Das galt 1998 in **Ackerbohne** sowohl für die Gesamtzahl Blattläuse (alle Morphen) bei der Sichtbonitur als auch nur für alate Blattläuse in Gelbfangschalen- und Saugfallen-Fängen. In der „Reduktions-Phase“ kam es, nach den Fängen in Saugfallen zu urteilen, in „Strohmulch“-Parzellen noch einmal zu einer Reduzierung der Zahl geflügelter Blattläuse gegenüber „konventioneller“ und „Senf“-Variante, die die gleichen Zahlen aufwiesen. Allerdings war die Differenz nicht so hoch wie in der „Besiedlungs-Phase“. Dass in Ackerbohne 1999 in Saugfallen im „Stroh“ insgesamt die meisten Blattläuse gefangen wurden, könnte damit zusammenhängen, dass hier nicht die gesamte Vegetationsperiode erfasst wurde. Somit wären deutlich niedrigere Fangzahlen zu Beginn der „Besiedlungs-Phase“ (optisch abweisende Wirkung des Strohs beim Landeverhalten der Blattläuse) und ein etwaiger Einfluss der Räuber in späterer „Etablierungs-Phase“ und „Reduktions-Phase“, wie 1998 bei den Schwebfliegen zu erkennen, in die Gesamt-Fangzahl der Saugfallen 1999 nicht eingegangen. Bei der Sichtbonitur 1999 waren die Gesamtzahl aller Blattläuse in Ackerbohne und auch nur die Zahl der lebenden Tiere in allen 3 Befallsphasen reduziert, nicht jedoch der Anteil befallener Pflanzen.

Auch in **Lupine** war 1997 in der „Strohmulch“-Variante die Zahl alater Blattläuse, die sich in Gelbfangschalen fingen, auch in der „Etablierungs-“ und „Reduktions-Phase“ geringer als in „konventionellen“ Parzellen. 1997 zeigte sich in Ackerbohne nur in der „Besiedlungs-Phase“ eine Reduzierung der in Gelbfangschalen gefangenen alaten Blattläuse durch „Strohmulch“, in Lupine dagegen in allen 3 Besiedlungsphasen. Die etwas stärkere Wirkung des „Strohmulches“ in Gelbfangschalen-Fängen 1997 innerhalb der „Besiedlungs-Phase“ in Lupine an den Terminen mit Blattlausreduktion (64 % Reduktion) im Vergleich zur Ackerbohnen-Kultur (53 % Reduktion) könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Lupinenpflanzen erstens Auflaufschwierigkeiten zeigten und zweitens auch in ihrem normalen Erscheinungsbild zarter und kleiner als Ackerbohnen-Pflanzen gleichen Entwicklungsstadiums sind und daher die „Strohschicht“ ihre Wirkung besser entfalten konnte.

Bei der Betrachtung der Summe aller 17 Leerungstermine innerhalb der „Besiedlungs-Phase“ ließ sich zwischen Ackerbohne und Lupine allerdings kein Unterschied erkennen (41 % Reduktion in Ackerbohne, 42 % Reduktion in Lupine). Auch später in der „Etablierungs“- und „Reduktions-Phase“ zeigte die „Strohschicht“ in Lupine noch eine Blattlaus-reduzierende Wirkung, in Ackerbohne dagegen mit zunehmender Pflanzengröße nicht mehr. Der Kontrast Pflanze – Untergrund verschwand, „Stroh“ hatte keine optische Wirkung mehr. In Lupine kam es zu einem stark lückigen Auflauf mit in ihrem Wachstum zurückgebliebene Pflanzen; kleine, weit auseinander stehende Pflanzen bis weiter in die

Vegetationsperiode hinein als in der Ackerbohnen-Kultur, wo eher Reihenschluss auftrat, ermöglichten länger einen Kontrast-Effekt Pflanze – Untergrund in der „konventionellen“ Variante, der ja durch die „Strohauflage“ maskiert wird; daher konnte die „Strohschicht“ weiterhin optisch wirksam bleiben.

Das Ausbringen von Strohmulch schützte also bei Betrachtung aller Versuchsjahre und Kulturen zwar später im Jahr beim zweiten Befallsflug der Blattläuse im Sommer nicht annähernd im gleichen Umfang wie zur Zeit der Erstbesiedlung des Bestandes vor einem späten Auftreten von Virusvektoren, da sich ihre visuelle Wirkung im Laufe der zunehmenden Pflanzengröße verlor. Der Kontrast Pflanze – Untergrund wurde zunehmend aufgehoben. Allerdings ist der Befallsflug im Frühjahr auch von wesentlicher Bedeutung für die Schädigung der Pflanzen: Weniger Besiedlung im Frühjahr bedeutet kleinere Kolonien im weiteren Jahresverlauf mit weniger Saugschäden an den Kulturpflanzen, d. h. weniger Ernteausschlag. Weniger Virusvektoren im Frühjahr bedeuten weniger Ertragsverlust durch Viruserkrankungen, da sich die Pflanzen bei spätem Virusbefall schon eine Weile normal entwickelt haben und die Auswirkung auf den Ertrag in diesem Stadium nicht mehr so gravierend ausfällt. Der Sommerflug der Blattläuse, der durch zu große Siedlungsdichte der Tiere sowie Stoffwechselvorgänge der Wirtspflanze ausgelöst wird, ist dagegen wirtschaftlich uninteressant.

Man kann daher vermuten, dass eine besonders frühe Aussaat in Kombination mit der Verwendung von Strohmulch sich besonders positiv auf die Reduzierung des Blattlausbefalls und die Übertragung von Pflanzenviren auswirkt. Besonders frühe Sorten könnten zudem den Vorteil bieten, dass der Migrationsflug der Blattläuse noch nicht eingesetzt hat.

Im fortgeschrittenen Jahresverlauf kam es teilweise zu einer Erhöhung der Blattlausdichten, vor allem apterer Läuse und Larven in der „Strohmulch“-Variante. Dies könnte sich durch die Untersuchung von ZALOM (1981) erklären lassen. Er fand heraus, dass aptere Blattläuse der Art *Myzus persicae* in mit Aluminiumstreifen bedeckten Salat-Kulturen eine größere Fruchtbarkeit zeigten als in Parzellen mit unbedecktem Boden, d. h., sie vermehrten sich stärker. Die mittlere Anzahl apterer Blattläuse pro Pflanze in den mit Aluminium-Streifen gemulchten Parzellen war im gesamten Versuchszeitraum, mit Ausnahme des frühen Befallsfluges, signifikant höher als in den ungemulchten Parzellen, und die Unterschiede zwischen gemulchter und ungemulchter Variante wurden im Verlauf der Vegetationsperiode größer. Er führte dies auf die höheren Lufttemperaturen sowie die Förderung des Pflanzenwachstums in der Mulchvariante zurück. Frühere Untersuchungen an *Myzus persicae* zeigten, dass höhere Temperaturen bis zu einem oberen Schwellenwert von 25 °C die Fruchtbarkeit der Blattläuse erhöhte (DANIELS 1957, COON 1959). Es ist bekannt, dass die Qualität der Nahrungsquelle das Wachstum, die Reproduktion und die Ausbildung von Flügeln bei Blattläusen beeinflusst (MITTLER 1973, HARREWIJN 1976). Trotz der Reduzierung der einfliegenden Blattläuse durch Mulchen kann also die Erhöhung der Vermehrungsrate der auf den Pflanzen gelandeten Tiere, bewirkt durch die

bessere Nahrungsqualität der Wirtspflanzen und die höheren Temperaturen innerhalb der gemulchten Parzellen, zu größeren Blattlauskolonien in den gemulchten Parzellen führen. Die apteren Blattläuse haben jedoch im Vergleich zu den alaten Tieren keine besondere Bedeutung als Virusvektoren.

Im weiteren Verlauf der Kulturpflanzenentwicklung, wenn die Mulchschicht ihre optische Wirkung verloren hat, treten weitere Wirkungsweisen der Mulch (Strohschicht, Zwischenfrucht) in den Vordergrund, die in der folgenden Untersuchung gefunden und auch von anderen Autoren bestätigt wurden (s. die folgenden Kapitel):

1. der positive Einfluss auf die **Pflanzenentwicklung** (Kap. 4.3 u. ZALOM 1981) durch höhere Luft- und Bodenfeuchtigkeit in Mulchparzellen sowie Temperatur ausgleichende Wirkung (Kap. 4.4) und höheres Nährstoffangebot, insbesondere reduzierte Auswaschung von Stickstoff, zudem Reduzierung von Krumenbasisverdichtungen und Erosion (LARINK 1998). Gesundere und kräftigere Pflanzen können sich eventuell besser gegen Eingriffe in ihren Stoffwechsel seitens der Blattläuse zur Wehr setzen und entsprechende Gegenmaßnahmen ergreifen (NOZON 1990).

2. der in mehrfacher Hinsicht positive Effekt auf die **Blattlaus-Antagonisten** durch Förderung vor allem von Carabiden, Spinnen und Staphyliniden (HEIMBACH et al. 1997) durch Bieten von Versteckmöglichkeiten und Winterquartieren, verminderter Störung vor allem empfindlicher Entwicklungsstadien durch reduzierte Bodenbearbeitung sowie Erhöhung der Dichte der Futtertiere für polyphage Prädatoren in Mulchparzellen, wie z. B. der Dichte an Collembolen (LARINK 1997, SCHRADER & LINGNAU 1997, FRIEBE & HENKE 1991). Dadurch können die Blattläuse gleich früh im Jahr dezimiert werden, da die Antagonisten gleich vor Ort sind (s. Kap. 5.5).

Eine Förderung der Blattlausprädatoren durch Mulchsaat spielt natürlich keine Rolle bei Betrachtung des Anflugverhaltens der Blattläuse bei der Erstbesiedlung der Flächen, das mit Hilfe von Gelbschalenfängen und Fangrahmen erfasst wurde (Kap. 5.3.1). Nach der Etablierung von Blattlauskolonien im Feld könnten erhöhte Prädatorendichten (Abundanz oder Aktivität) aber eine zusätzliche Rolle bei der Reduzierung der Blattlauszahlen in gemulchten Parzellen spielen (z. B. KENDALL et al. 1991). Wenn dies der Fall wäre, müssten die Blattlauspopulationen in gemulchten Parzellen eine geringere Wachstumsrate aufgrund erhöhter Mortalität durch Fraß der Blattläuse aufweisen. Zu den Blattlaus-Antagonisten zählen jedoch neben den Fraßfeinden auch die Parasitoide und die entomopathogenen Pilze, die in die Betrachtung der Reduzierung von Blattlauskolonien miteinbezogen werden müssen. DÖRING (2005) konnte in seiner Untersuchung in ökologisch angebauten Kartoffeln keine signifikanten Unterschiede der relativen Wachstumsraten der Blattlauspopulationen zwischen mit Strohhäcksel gemulchten und ungemulchten Parzellen finden und auch keinen gleichbleibenden Trend feststellen.

3. Erhöhung der **Bodenqualität** durch konservierende Bodenbearbeitung bei der Direktsaat, Stabilisierung des Bodengefüges durch Ernterückstände, Erhöhung der biologischen Aktivität, auch der mikrobiellen.

Der Einsatz von **natürlichem Mulchmaterial**, wie **Stroh**, bietet zudem gegenüber dem Einsatz von Aluminium- und verschiedenfarbigen Kunststoffstreifen den Vorteil, dass die Wirkung von Strohmulch nicht nur hauptsächlich auf die optische Wirkungsweise beim Befallsflug der Blattläuse im Frühjahr (neben der sicher ebenfalls erhöhten Feuchtigkeit auch unter einer „künstlichen“ Mulchschicht, ebenfalls Erhöhung der Oberflächenrauigkeit und damit Versteckmöglichkeiten für epigäische Raubarthropoden) begrenzt ist. Als natürliches Material bietet es den Vorteil der Umweltverträglichkeit durch Abbaubarkeit und damit Erhöhung der Bodenqualität durch Nährstofffreisetzung. Zudem ist es eines der kostengünstigsten Mulch-Materialien, das in ausreichender Menge in landwirtschaftlichen Betrieben anfällt.

Die Anbaumethode einer Kultur (z. B. Nutzung von Mulchen, Vermeidung von Inhomogenität) kann also Möglichkeiten bieten, den Blattlausbefall und die darauf folgende Virusausbreitung zu reduzieren und sollte daher im integrierten Pflanzenschutz mehr Beachtung finden.

### **5.3.3 Hat die gewählte Menge des aufgebrauchten Strohmulchs pro m<sup>2</sup> einen Einfluss auf die Blattlausbesiedlung?**

Zu diesem Punkt wurden in der vorliegenden Untersuchung keine eigenen Untersuchungen durchgeführt, sondern lediglich eine konstante Menge an Strohhacksel (100-200 g pro m<sup>2</sup>) in allen Versuchsjahren aufgebracht. DÖRING (2005) stellte bei seiner Untersuchung in ökologisch angebauten Kartoffeln fest, dass mit einer Menge von 200 g, 400 g, 600 g und 800 g pro m<sup>2</sup> ausgebrachte Strohmulch zu einer signifikanten Verminderung der Anzahl geflügelter Blattläuse in Grünschalen im Vergleich zu Grünschalen auf unbedecktem Boden führte. Eine Steigerung der Menge über 200 g Stroh pro m<sup>2</sup> hinaus führte nicht zu einer zusätzlichen signifikanten Verminderung der Blattlauszahlen.

## **5.4 Einfluss der Witterung auf den Blattlausflug**

Der Befallsflug zeigt nach MÜLLER & UNGER (1952) einen typischen zweigipfligen Tagesgang. Es kommt zu einem morgendlichen Maximum zwischen 6:00 und 10:00 Uhr und einem meist steileren und höheren Maximum zwischen 18:00 und 20:00 Uhr (im Juli und August). An stark bedeckten Tagen gab es nur ein Maximum zur Mittagszeit. Auch von MOERICKE (1955) wurde dieser Tagesrhythmus bestätigt: Nachts herrscht, von Ausnahmen abgesehen (nach EASTOP 1951 mehrere Blattlausarten, darunter *Myzus persicae*, wenn sie am Vortag sehr häufig geflogen waren) Flugruhe. Die nach der Häutung ausgereiften Geflügelten stauen sich an und es kommt am Morgen zu sehr häufigen Abflügen, sobald es hell und warm genug ist. Die am Morgen oft herrschende Windstille wirkt sich dabei positiv aus. Den Tag über fliegen die Blattläuse nach MOERICKE entsprechend ihrer Flugreife und -stimmung ab. Da die Blattläuse jedoch,



artspezifisch verschieden, bestimmte Temperaturen und Windgeschwindigkeiten zum Abflug benötigen, wird oft eine „Mittagspause“ eingelegt, da es im Sommer über Mittag zu heiß werden kann und es an Tagen mit hoher Globalstrahlung um diese Tageszeit meist für den Abflug zu windig ist. Am späteren Nachmittag und in den frühen Abendstunden herrschen dagegen oft wieder günstige Witterungsbedingungen für den Blattlausflug. Die Gelbschalen wurden nach diesen Erkenntnissen und nach Empfehlung von MÜLLER et al. (1959) täglich möglichst vor Beginn des Vormittagsfluges gegen 8:30 Uhr geleert, so dass sich in den Gelbschalen der gesamte Fang des Vortages befand.

1997 und 1999 wurden die meisten geflügelten Blattläuse in **Gelbschalen** gefangen, wenn die Lufttemperatur um 7:00 Uhr morgens 14-15 °C betrug. Auch bei Werten um 11-12 °C flogen schon einige Tiere. 1998 wurden schon ab 11 °C die höchsten Fangzahlen alater Blattläuse erreicht, ab 14/15 °C wurden aber auch hier mit höchster Frequenz Geflügelte gefangen. Alate Aphiden wurden in Gelbschalen fast ausschließlich nur dann erfasst, wenn es vormittags keinen **Niederschlag** gab. Vereinzelt flogen auch Läuse bis zu einer Niederschlagsmenge von maximal 0,5 mm. THIEME (1987) fand heraus, dass im Frühjahr und Sommer Niederschläge (über 4 mm) in Verbindung mit Temperaturen, die am Morgen (7:00 Uhr) unter 15 °C lagen, einen Rückgang der Aphidenfänge verursachten. Niederschläge, die nur in der Nacht fielen, blieben ohne nachweisbaren Einfluss auf den Fang der geflügelten Blattläuse. Tagesmittelwerte sind für die Interpretation der Fänge wenig geeignet.

In allen Versuchsjahren 1997-99 flogen die meisten Blattläuse, wenn um 7:00 Uhr morgens **Windgeschwindigkeiten** bis zu 1,6 m/s erreicht wurden. Laut MOERICKE (1955) und Untersuchungen von MÜLLER & UNGER (1951b, 1952) verhindert schon schwacher Wind den Abflug. Die Grenze liegt dabei laut MOERICKE für *Myzus persicae* und *Aphis fabae* bei etwa 0,8 m/s. Allerdings wies THIEME (1987) nach, dass erst Windgeschwindigkeiten von mehr als 5,4 m/s hemmend auf den Befallsflug wirkten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass verschiedene Blattlausarten unterschiedlich auf die Windgeschwindigkeit reagieren (HAINE 1956) und hohe Windgeschwindigkeiten lediglich eine Verzögerung des Abfluges bewirken. Nach längerer Dauer der ungünstigen Windverhältnisse beginnen nach THIEME (1987) die abflugbereiten, in Flugstimmung befindlichen Blattläuse auch bei höheren Windgeschwindigkeiten mit dem Flugstart. Trotzdem sei die Wahrscheinlichkeit dann sehr gering, die Tiere in Gelbfangschalen zu fangen, weil die Aphiden bei starkem Wind nicht in der Lage sind, gezielt zu fliegen und die Schalen aktiv anzusteuern.

Mit Hilfe von **Saugfallenfängen** wurde der Blattlausflug an einem Tag im Juni 1997 verfolgt. Der nach MÜLLER & UNGER (1952) typische zweigipfelige Verlauf konnte dabei nicht gefunden werden, wohl aber das steilere und höhere Abendmaximum zwischen 18:00 und 20:00 Uhr. Vor 9:00 Uhr morgens und nach 20:00 Uhr abends wurden keine geflügelten Blattläuse gefangen. Laut MOERICKE (1955) verhindert Dunkelheit und starke

Dämmerung den Abflug. Nach BROADBENT (1949) beginnt *Myzus persicae* im Labor bei einer **Beleuchtungsstärke** von 12 Lux mit Abflügen.

Beim **Saugfallenfang** 1997 wurden alate Blattläuse erst ab einer **Lufttemperatur** von 15,4 °C gefangen. Diese Beobachtung deckt sich mit früheren Untersuchungen anderer Autoren. Als untere Temperaturgrenze wurde bei *Aphis fabae* 17 °C Blatt- bzw. 13 bis 16 °C Lufttemperatur ermittelt (MÜLLER & UNGER 1951a). Diese Art war die am häufigsten im Ackerbohnenbestand siedelnde Art, die auch in Gelbfangschalen eudominant bzw. dominant auftrat. In Saugfallen wurde *Aphis fabae* nach *Acyrtosiphon pisum* am zweithäufigsten erfasst. Bei *Myzus persicae*, die zwar nicht zu den in Ackerbohne siedelnden Arten gehört, in Gelbschalenfängen doch zumindest rezedent auftrat ergab sich im Labor eine Temperatur von 12,8 °C als untere Abfluggrenze (DAVIES 1935, BROADBENT 1949). Nach MÜLLER & UNGER (1951b) gibt es für Blattläuse einen Optimalbereich der Abflugtemperatur bei 23 bis 30 °C, die obere Grenze liegt bei 34 bis 35 °C. Die gefundenen Mindesttemperaturen für den Abflug verschiedener Blattlausarten gelten wohl nur für den Sommer, in dem auch die vorliegende Untersuchung in Ackerbohne und Lupine stattfand. Im Herbst, zur Zeit des Winterraps-Versuches, gelten wohl andere Gesetze. Nach Untersuchungen von MOERICKE (1955) scheint die untere Grenze für alle Arten 7,5 bis 10 °C Lufttemperatur zu sein. MÜLLER & UNGER (1951a) geben allerdings auch im Herbst als niedrigste Abflugtemperatur von *Aphis fabae* 15,5 bis 17 °C an. Umgekehrt fing JOHNSON (1952) auch im Sommer bei 7 bis 8 °C in Saugfallen dicht über einem *Vicia*-Bestand geflügelte Blattläuse, woraus er auf einen Abflug bei tiefen Temperaturen schließt.

Die **Luftfeuchtigkeit** spielt nach BROADBENT (1949) keine große Rolle: Abflüge finden bei 50 % und bei 100 % statt. Wohl aber erhöht der Wechsel zu trockener Luft die Abflugfreudigkeit, der zu feuchter mindert sie. In der Saugfalle wurden die ersten alaten Blattläuse bei einem relativ geringen Luftfeuchtwert von 57 % (rel. Feuchte) gefunden. Eventuell war aber nicht die Luftfeuchte der ausschlaggebende Parameter, sondern die damit zeitlich einhergehende Erhöhung der Lufttemperatur auf einen für den Blattlausflug erforderlichen Wert.

Die Abhängigkeit der Flugaktivität von der **Windgeschwindigkeit** zeigte sich sowohl bei den oben besprochenen Gelbschalenfängen als auch bei der Auswertung von **Saugfallenfängen**. Die meisten Blattläuse flogen bei Windgeschwindigkeiten unter 1 m/s bzw. bei Werten bis maximal 1 m/s. Bei Windgeschwindigkeiten zwischen 2,3 und 2,6 m/s flogen dagegen kaum Tiere. Diese Beobachtung deckt sich mit der Aussage von MOERICKE (1955), dass die obere Grenze für den Abflug von *Myzus persicae* und *Aphis fabae* bei etwa 0,8 m/s liegt und ebenso mit Beobachtungen von THIEME (1987), dass erst Windgeschwindigkeiten von mehr als 5,4 m/s hemmend auf den Befallsflug von Blattläusen wirken, wobei er nicht auf eventuelle Unterschiede zwischen den Arten einging (s.o.).

## 5.5 Wirkung des Mulchens auf die Blattlaus-Antagonisten

### 5.5.1 Wirkung des Anbaus von Zwischenfrüchten auf die Nutzarthropoden

Der Anbau von Zwischenfrüchten wirkt sich positiv auf die Artenzahl und Individuendichte epigäischer Raubarthropoden aus (HEIMBACH et al. 1997), indem eine gefestigte Boden- und Bodenoberflächenstruktur geschaffen wird, vor allem, wenn im Frühjahr auf Saatbettbearbeitung verzichtet wird.

Vor allem **Spinnen** profitieren von dieser Anbauvariante. Spinnen stellen eine wichtige Komponente innerhalb des epigäischen Prädatoren-Komplexes dar (TISCHLER 1965, BRASSE 1975), obwohl ihre Wirksamkeit auf die Schädlingspopulation begrenzt ist. Oberflächenstrukturen können z. B. zum Netzbau von Bedeutung sein. Spinnen können in ungestörten Biotopen, wie Wald und Grünland, sehr hohe Populationsdichten erreichen und dann auch einen bedeutenden Einfluss auf das Auftreten phytophager Insekten, wie Blattläuse, ausüben. Ihr Nahrungsbedarf ist zwar gering, jedoch wird ihre Wirksamkeit dadurch erhöht, dass sich bei starkem Beutetieraufreten weit mehr Individuen in den Netzen fangen, als die Spinne verzehren kann. Es handelt sich in der Regel um polyphage Schutzräuber, d. h., sie können sich von einem weiten Spektrum von Beutetieren ernähren und können so auch bei Abwesenheit der Vorzugsbeute eine hohe Populationsdichte aufrechterhalten. Bei verstärktem Auftreten eines Pflanzenschädling, der zu ihrem Beutespektrum gehört, können sie dann mit einem verstärktem Angriff reagieren und so u. U. eine Massenvermehrung in den Anfängen unterdrücken (OHNESORGE 1991). Viele Arbeiten weisen darauf hin, dass die reduzierende Wirkung der Spinnen auf Schädlinge gerade zu Beginn des Wachstums einer Schädlingspopulation bedeutsam ist (DE KEER & MAELFAIT 1988, SUNDERLAND 1999), weil die monophagen Nützlinge (z. B. Marienkäfer, Florfliegen) noch fehlen. Denn diese reagieren in ihrer Massenvermehrung mit einer zeitlichen Verzögerung auf die Gradation der Schädlingspopulation (BAEUMER 1997).

Die weitaus meisten Arten und Individuen, die 1999 in Ackerbohne gefangen wurden (ZAHIROVIĆ 2002) waren epigäisch lebende Spinnen aus der Familie Linyphiidae. Blattläuse stellen neben Collembolen einen bedeutenden Anteil am Beutespektrum der Linyphiidae dar (NYFFELER & BENZ 1981; ALDERWEIRELDT 1994). Linyphiidae werden auch als aphidophag bezeichnet. Fütterungsexperimente (NYFFELER & BENZ 1982) und Beobachtungen von ZAHIROVIĆ (2002) zeigten, dass *Aphis fabae*, welche hier im Bestand besonders häufig war, von Linyphiidae gefressen wurde. Obwohl die Linyphiidae nur Netze auf dem Boden anlegen, könnte ein Blattlausfang möglich sein, da sich sehr viele Blattläuse auch auf dem Boden aufhalten, was die Arbeiten von SOPP et al. (1987) und eigene Beobachtungen bestätigen. Es ist somit wahrscheinlich, dass Linyphiidae Blattläuse erbeuteten. Untersuchungen von SUNDERLAND (1999) zeigen, dass viele Blattläuse auch in den Netzen der Linyphiidae landeten, ohne von den Spinnen anschließend konsumiert zu werden, was zur weiteren Reduzierung der Blattläuse beiträgt. Hinzu kommt noch, dass die Linyphiidae physiologisch auf geringfügige Vermehrung der Beute reagieren, indem

sich das Verhältnis von Beuteverbrauch zu Eiproduktion mit dem Beuteangebot erhöht; d. h., bei einer Erhöhung des Beuteangebots verbrauchen sie mehr Beute, um mit der Eiproduktion zu beginnen. Diese Steigerung tritt jedoch nur bei einer niedrigen Futterrate auf und ist mit 3 Fruchtfliegen (*Drosophila melanogaster*) pro Tag beendet (DE KEER & MAELFAIT 1988). Das hieße, gerade zu Beginn des Blattlauswachstums erhöht sich der Beuteverbrauch und eine reduzierende Wirkung der Spinnen auf Blattläuse wäre denkbar. Eine deutliche Reduzierung der Ende Juli explosionsartig vermehrten Blattläuse durch die Linyphiidae ist allerdings auszuschließen, denn für eine ausreichende Verminderung der Blattlausdichte ist eine Räuber-Beute-Relation von 1 : 20-25 notwendig (BAEUMER 1997). Diese Relation wurde bezüglich der Spinnen und der Blattläuse höchstens zu Beginn der Feldsaison erreicht.

Spinnen werden als Gegenspieler der Pflanzenschädlinge aber nur in der Gemeinschaft vieler Arten wirksam, denn ausgesprochenes Revierverhalten und Kannibalismus begrenzen ihre Populationsdichte und damit auch die Effektivität der einzelnen Art.

Ernte und Bodenbearbeitung zerstören auf Ackerland regelmäßig die Spinnengemeinschaft. Hier findet man vorwiegend Zwergspinnen (Micryphantidae), die dank ihrer Fähigkeit, sich an Spinnfäden treiben zu lassen („ballooning“), schnell neue Flächen besiedeln können (RIECHERT & LOCKLEY 1984, NYFFELER & BENZ 1987). In häufig gestörten Biotopen, vor allem intensiv bearbeitetem Ackerland, ist die Bedeutung der Spinnen als Antagonisten daher eher als gering einzuschätzen. Direktsaat und Mulchsaatchverfahren können die Lebensbedingungen für Nutzarthropoden deutlich verändern, in der Regel werden sie verbessert. Im Herbst und Winter können die Zwischenfrüchte Überwinterungsquartiere und Ernährungsmöglichkeiten für einige Arten bieten, so dass eine gezielte Besiedlung dieser Flächen erfolgt. Die frühe Pflugfurche, die für den Anbau einer Zwischenfrucht in der Regel nötig ist, stört die Tiere wahrscheinlich weniger als die konventionelle Herbstfurche, da die Arthropoden nach früher Bodenbearbeitung noch genügend Zeit haben, vor dem Winter geeignete Lebensräume aufzusuchen. Bei der Herbstfurche dagegen werden sie unter Umständen schon im Winterlager aufgestört und können sich nicht mehr rechtzeitig neue Quartiere suchen. Bei völligem Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung entfallen gravierende Störungen und mechanische Beschädigungen noch stärker. Vor allem Spinnen reagieren sehr empfindlich auf Bodenbearbeitung, da sie nur in sehr geringem Umfang in der Lage sind, sich wieder freizugraben.

Eine höhere Bodenoberflächenrauigkeit in Mulchsaatchvarianten bietet zudem einen vielfältigeren Lebensraum auch für andere Nutzarthropoden an. Viele Kurzflügel-, Lauf- und auch Weichkäfer müssen als Larve stabile Erdhöhlen bauen können, in denen sie sich häuten und verpuppen. Eine Zerstörung dieser Höhlen oder auch nur die bloße Erschütterung und Störung bei Häutung und Verpuppung führt nach eigenen Laborerfahrungen an Canthariden und Carabiden zu hoher Mortalität und Missbildung der erwachsenen Käfer. Durch den erhöhten Anteil an organischer Substanz an der

Bodenoberfläche nach Anbau von Zwischenfrüchten treten auch vermehrt andere Insekten auf, die sich davon ernähren (HOUSE 1989a,b), wie z. B. Collembolen. Diese dienen wiederum den polyphagen Raubarthropoden als Nahrung, die im Frühjahr und Sommer auch die Zahl der Blattläuse dezimieren können. Daher war in der Variante mit Zwischenfrucht „Senf“ auch der Blattlausbefall sowie der Anteil der von blattlausübertragbaren Virose befallenen Pflanzen geringer als in den „konventionell“ behandelten Parzellen. Epigäisch lebende Raubarthropoden, wie Carabiden, können aber auch durch die raue Oberflächenstruktur des Mulchs (Zwischenfrucht oder nachträglich aufgebrachte Strohaufgabe) in ihrem Jagdverhalten durch die Erhöhung des Raumwiderstandes beeinträchtigt werden. Carabidae sind ausgesprochen polyphage Schutzräuber, die große Beutetiermengen verzehren können. Ihr Beutespektrum umfasst Würmer, Schnecken und auf dem Boden lebende Insektenlarven. Die Rolle der Carabiden als Blattlausvertilger ist allerdings umstritten (OHNESORGE 1991). Die meisten Arten können nur Blattläuse erbeuten, die auf den Boden gelangt sind oder sich an den alleruntersten Teilen ihrer Wirtspflanzen aufhalten, denn das Jagdrevier der Laufkäfer ist im Allgemeinen auf die Bodenoberfläche und die Streuschicht beschränkt. Einige kleine Arten wie *Agonum dorsale* und *Demetrias atricapillus* können aber auch auf krautige Pflanzen steigen. Da Carabiden wichtige Gegenspieler mancher unterirdisch lebender Schadinsekten, wie z. B. der Larven der Kohlfliege und der Brachfliege sind (OHNESORGE 1991), ist damit zu rechnen, dass sie auch wesentlich dazu beitragen, Populationen von Wurzelläusen zu dezimieren. Viele Carabidenarten sind an den Acker als Lebensraum angepasst, wo sie hohe Populationsdichten (60 Carabiden/m<sup>2</sup> und mehr) erreichen können (OHNESORGE 1991).

Nachtaktive polyphage Räuber, wie z. B. Forficulidae (Ohrenkneifer), profitieren von Mulchsaatterfahren dadurch, dass sie für ihre Ruhephase während des Tages bessere Versteckmöglichkeiten finden als auf nicht so stark strukturierten Flächen bei konventionellem Anbauverfahren. Diese Tiere ruhen am Tage in Ansammlungen von adulten Tieren und Larven in Blattwickeln, unter Baumrinde oder Steinen oder an ähnlichen Orten. Die Wahl des Ruheplatzes könnte auch von der Nähe zu einer Futterquelle, wie z. B. einer Blattlauskolonie, beeinflusst sein (ROTHERAY 1989).

Auch die nicht epigäisch lebenden Nutzarthropoden bzw. die speziellen Blattlausfeinde, wie z. B. Coccinellidae (Marienkäfer), können durch Mulchen gefördert werden, auch wenn das Auftreten ihrer aktiven, blattlausvertilgenden Stadien nicht von den Strukturen der Fläche, sondern vielmehr vom Auftreten der Blattlauskolonien bestimmt werden. Die meisten speziellen Antagonisten findet man daher in den Parzellen mit dem höchsten Blattlausbefall, in der vorliegenden Untersuchung war dies die „konventionell“ bearbeitete Variante. Durch Anbau von Zwischenfrüchten und reduzierte Bodenbearbeitung profitieren hier die überwinterten Stadien, wenn sie als Imago, Puppe oder Ei auf vielseitige Strukturen angewiesen sind. Marienkäfer überwintern als Imagines, häufig in größeren Ansammlungen unter Blättern oder an Pflanzenresten.

Eine dünne Schicht aus Strohhäcksel, auf die Bodenoberfläche aufgebracht, bietet ebenso wie eine Zwischenfrucht einen vielfältigen Lebensraum mit zahlreichen Versteckmöglichkeiten. Allerdings nur während des Sommers. Sie hat keine Bedeutung als Winterquartier.

1998 lagen die Abundanzen polyphager Raubarthropoden, insbesondere der Carabiden, Staphyliniden und Spinnen, deutlich unter denen des Jahres 1997. Ein Grund dafür kann in den Besonderheiten der Untersuchungsfläche im Jahr 1998 liegen. Sie war nicht eben, sondern zeigte zu einer Seite ein deutliches Gefälle bei sandigem bis steinigem Untergrund. Daher trocknete ein Teil des Feldes im Sommer leicht aus. 1999 traten die Nützlinge hingegen wieder vermehrt auf (bei etwas geringeren Blattlausabundanzen als 1998). Die Fläche lag diesmal, ähnlich wie 1997, in Nähe der Wabeaue, zu der sie auf einer Seite leicht abfiel. Diese Seite war zudem von Bäumen beschattet. Sie war also etwas feuchter.

### 5.5.2 Wirkung des Mulchens auf Schlupfwespen und Pilze

Zu den natürlichen Feinden der Blattläuse gehören neben den räuberischen Arthropoden und manchen Vögeln auch Pilze, z. B. der Gattung *Entomophthora*, und Schlupfwespen. Die wichtigsten Parasitoide der Blattläuse beherbergen dabei die Überfamilie der Ichneumonoidea (Schlupfwespen) mit der Familie Aphidiidae (Blattlauswespen) und die Überfamilie Chalcidoidea (Erzwespen) mit der Familie der Aphelinidae.

Eine Parasitierung der Blattläuse durch Schlupfwespen und ihr Befall mit entomopathogenen Pilzen scheint dichteabhängig zu sein. Parasitierung und Verpilzung traten insgesamt in der „konventionellen“ Variante, in der auch in der Summe die meisten Blattläuse zu finden waren, am stärksten auf. Neben der Dichte der Beute- bzw. Wirtstiere zeigte aber auch das Mulchen eine fördernde Wirkung auf adulte Schlupfwespen und Verpilzung der Läuse.

Die Blattläuse-parasitierenden **Schlupfwespen-Imagines** scheinen wie die polyphagen Blattlausprädatoren von der Mulchwirtschaft gefördert zu werden, denn sie wurden mit verschiedenen Methoden und in verschiedenen Jahren mit den höchsten Abundanzen in „Senf“ und vor allem in „Stroh“ gefunden. Allerdings traten sie in Gelbschalenfängen 1999 gerade zu dem Zeitpunkt verstärkt in der „Senf“-Variante auf, an dem dort auch die meisten Aphiden zu finden waren, Mitte bis Ende Juli. Sie zeigten also auch eine Abhängigkeit in ihrer Verteilung von der Dichte ihrer Beutetiere, wie es für monophage Blattlausantagonisten typisch ist. Das Ergebnis war jedoch auch von der gewählten Fangmethode abhängig. Die Eklektorenfänge zeigten 1999 gerade zu Jahresbeginn Ende April bis Mitte Juni hohe Abundanzen der Ichneumonoidea in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung, in der die meisten Blattlauskolonien zu finden waren. In Gelbschalenfängen wurden die meisten adulten Schlupfwespen zu diesem

Zeitpunkt dagegen in der „Senf“-Variante gezählt. Auf der anderen Seite fand sich die höchste Zahl **parasitierter Blattläuse** 1998 und 1999 in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung. Dies lässt sich vielleicht zum einen damit erklären, dass ein Großteil der adulten Schlupfwespen ihren Wirtstieren folgten und dort vermehrt zu finden waren, wo die größten Blattlauskolonien auftraten. Andererseits wurden bei der Bonitur lediglich die Überfamilien Ichneumonoidea und Chalcidoidea (Erzwespen) erfasst, und es wurde nicht konsequent nach Familien unterschieden.

Nicht alle Familien der genannten Überfamilien parasitieren Blattläuse. Lediglich die Larven der Familie der Blattlauswespen, Aphidiidae, sind ausschließlich Innenparasiten von Blattläusen (vor allem der ungeflügelten Stadien); die Larven der Aphelinidae leben als Außen- oder häufiger Innenparasiten bei Pflanzenläusen verschiedener Gruppen, z. B. bei Blattläusen (JACOBS & RENNER 1988). Bei der Familie der Ichneumonidae, sog. Echte Schlupfwespen, die ebenfalls zur Überfamilie der Ichneumonoidea gehört, ist die Wirtsspezifität der Arten und Unterarten sehr verschieden stark ausgeprägt und reicht von Präimaginalstadien von Hautflüglern wie z. B. Holzwespen und Bienen bis hin zu Schwebfliegen, Schmetterlingen und Käfern. Die Braconidae (Brackwespen) weisen mit Schmetterlingen, Käfern, Wanzen und Fliegen ein ähnliches Wirtsspektrum auf wie die Ichneumonidae (JACOBS & RENNER 1988). So könnte es sein, dass Schlupfwespen-Arten, die nicht an Blattläusen parasitieren, aber bei der Erhebung ebenfalls erfasst wurden, in den Mulchvarianten verstärkt auftraten, da dort vielleicht vermehrt ihre speziellen Wirtstiere zu finden waren. Dagegen waren es eventuell diejenigen Schlupfwespen-Arten, die bei ihrer Vermehrung auf Blattläuse angewiesen sind, die verstärkt in den Varianten auftraten, in denen sich zu diesem Zeitpunkt die größten Blattlauskolonien etabliert hatten.

Andererseits war die **Parasitierungsrate** (Anteil parasitierter Blattläuse an der Gesamtzahl Läuse) 1998 in „konv“ (1 %) und „Stroh“ (0,8 %) vergleichbar und auch 1999 waren die Unterschiede zwischen ungemulchten (0,4 %) und gemulchten (0,2 %) Parzellen nicht sehr groß. 1998 war zudem der Anteil Parasitierter an allen toten Blattläusen (tot + parasitiert + verpilzt) mit 10 % deutlich höher als in „konv“ (2 %) und „Senf“ (1 %).

Die Parasitoiden-Imagines sind, anders als ihre Larven, in der Mehrzahl der Fälle für ihre eigene Ernährung nicht auf die Wirtstiere angewiesen. Ihre Nahrung besteht aus Nektar und Pollen. Für einige Schlupfwespenarten stellt aber auch der Honigtau der Blattläuse eine zusätzliche Nahrungsquelle dar; sie verletzen mit ihrem Legestachel einen Teil ihrer Wirtstiere, um die heraustretende Körperflüssigkeit aufzulecken und so ihren Bedarf an Eiweißen zu decken. Dadurch verursachen sie eine zusätzliche Mortalität unter ihren Wirtstieren, die in einigen Fällen sogar die durch die Parasitierung verursachte überschreiten kann (OHNESORGE 1991). Die durch Ernährungsansteiche getöteten Individuen lassen sich ebenso schlecht erfassen wie die von Prädatoren getöteten, während durch die Parasitierung dauerhafte Spuren entstehen (Blattlausmumien, Verpuppung im Kokon), die sich leicht bonitieren lassen, aber auch Zählungen verfälschen können.

Blattlausmumien verbleiben sehr lange auf der Pflanze, bisweilen bis die übrige Blattlauspopulation von den anderen Gegenspielern vernichtet oder abgewandert ist. Sie täuschen dann einen 100 %-igen Parasitierungsgrad vor (OHNESORGE 1991).

Der Ausbruch von **Insektenmykosen** ist in starkem Maße umweltabhängig (OHNESORGE 1991). Mulchen mit „Stroh“ und „Senf“ fördert anscheinend durch die höhere Feuchtigkeit im Pflanzenbestand das Auftreten von Pilzen, auch der entomopathogenen. Epidemien von Entomophthoraceen werden von feuchter und warmer Witterung begünstigt (OHNESORGE 1991). Durch höhere Luftfeuchtigkeit wird die Übertragbarkeit von Pilzen von einem infizierten Tier auf ein anderes gesteigert (z. B. HOFFMANN et al. 1985). Insektenmykosen sind daher vor allem im maritimen Klimabereich wichtige Begrenzungsfaktoren für Pflanzenschädlinge (OHNESORGE 1991). In der Bretagne werden Massenvermehrungen von *Aphis fabae* fast alljährlich im Frühsommer durch Pilze der Gattung *Entomophthora* beendet. Es kommt immer dann zum Ausbruch einer Mykose, wenn nach einer Periode lang anhaltender Niederschläge die Temperatur anschließend auf über 20 °C ansteigt (MISSONIER et al. 1970). Daneben ist eine bestimmte Dichte des Wirts, die eine leichte Übertragung gewährleistet, Voraussetzung für eine Epidemie. Eine höhere Populationsdichte der Wirtstiere begünstigt den Ausbruch einer Seuche. 1999 wurden in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung die meisten verpilzten Blattläuse pro Pflanze gezählt, in der auch die meisten lebenden und toten (tot gesamt = tot, parasitiert, verpilzt) Läuse auftraten. Betrachtet man allerdings den Anteil verpilzter Tiere an der Zahl toter Läuse gesamt, so scheint die Feuchtigkeit doch ein sehr entscheidender Faktor zu sein, denn sowohl im Jahr 1998, in dem im „Stroh“ der deutlich größte Anteil verpilzter Tiere an allen toten Läusen gefunden wurde, als auch im Jahr 1999, in dem dies in der „Senf“-Variante der Fall war, traten in den Mulchvarianten jeweils die geringsten Zahlen lebender und toter Blattläuse pro Pflanze auf. KELLER & SUTER (1980) sehen aber das Vorhandensein einer ununterbrochenen Infektionskette als noch wichtiger für den Ausbruch einer Verpilzung an als die Witterung; in Jahren, in denen in Naturwiesen und Dauerkulturen (z. B. Luzerne) frühzeitig Blattläuse in höherer Dichte auftraten, kam es hier zu einem frühzeitigen Ausbruch von Mykosen.

## 5.6 Einfluss des Mulchens auf die Pflanzenentwicklung

### 5.6.1 Behinderung des Auflaufens der Saat durch die Mulchschicht

In Westeuropa gibt es im Vergleich zu Nordamerika Probleme mit der Aussaat in eine Strohschicht bzw. in Ernterückstände bei konservierender Bodenbearbeitung und Direktsaat (z. B. LINKE 1998). Für ein Strohmanagement bei konservierender Bodenbearbeitung und Direktsaat unter europäischen Bedingungen stellen das deutlich höhere Ertragsniveau und die damit höheren Strohmengen und feuchtere Böden wesentlich



höhere Anforderungen an den Umgang mit dem Stroh bzw. den Ernterückständen. Bei konservierender Bodenbearbeitung und Direktsaat sind in Westeuropa als Problem oft lückige Bestände, schlechter Feldaufgang und Krankheitsbefall zu beobachten. Oft wird der Bodenkontakt des Saatgutes durch eingearbeitetes Stroh beeinträchtigt, was eine gleichmäßige und zuverlässige Wasserversorgung behindert. Ungleichmäßige, lückige Bestände und geringe Feldaufgänge sind die Folge. Daneben führt eine Strohschicht über dem Saatgut dazu, dass die Pflanzen durch Bildung eines Halmhebers bzw. Wurzelhalstreckung deformiertes Wachstum zeigen, was die Pflanzen schwächt und so Krankheiten und Schädlinge fördert. Stroh im Saatbereich kann als Infektionsquelle für die Pilzkrankheit *Helminthosporium-Blattdürre* („HTR“) (im Mais) oder für Netzflecken dienen. Außerdem werden durch eine Mulchauflage Schnecken und Mäuse gefördert. Bei Direktsaat werden an die Sämaschine besondere Anforderungen gestellt. Fester oder weniger gleichmäßig gelockerter Boden erschweren die Einhaltung einer gleichmäßigen Ablagetiefe des Saatgutes und seine gleichmäßige Bedeckung mit Feinerde. Außerdem können sich bei Zinkenschar-Direktsaatmaschinen vor den Säscharen Strohmatten ansammeln (LINKE 1998). Besonders bei längeren Halmen und feuchtem Stroh kann es zur Bildung von Haufen oder gar Verstopfung der Maschine kommen. Scheibensächare können Stroh nicht durchtrennen, so dass es in die Saatrille gedrückt wird, mit den oben beschriebenen negativen Auswirkungen des fehlenden Bodenkontaktes des Saatgutes.

Das **Problem** mit der **Aussaat in eine Strohschicht** wurde in der vorliegenden Untersuchung in der „Strohmulch“-Variante dadurch umgangen, dass die Strohschicht erst nach erfolgter Aussaat im „konventionellen“ Verfahren mit vorheriger wendender Bodenbearbeitung und Saatbettbearbeitung aufgebracht wurde.

Bei der Aussaat in die Zwischenfrucht „Senf“ im Direktsaatverfahren war die eingesetzte Drillmaschine offensichtlich geeignet. Außerdem erreichte die Zwischenfrucht „Senf“ sicherlich nicht die Biomasse an mit der Sämaschine zu durchdringenden Stängeln, dass es zu den von LINKE (1998) beschriebenen Problemen kommen musste. Ein abgeertetes Getreidefeld mit hohem Ertrag liefert mit Sicherheit größere Strohmenngen und auch festere Halme. Außerdem bereitet über Winter abgebautes Stroh laut LINKE (1998) in der Regel keinerlei Probleme mehr bei der Einsaat. Aus diesem Grund sei die Fruchtfolge, insbesondere ein regelmäßiger Wechsel zwischen Sommerung und Winterung, das wirksamste Instrument zur Lösung der Strohproblematik. Ernterückstände von Leguminosen, Sonnenblumen oder Feldgras machen laut LINKE (1998) auch im frischen Zustand keine Schwierigkeiten. Senf lässt sich sicherlich mit diesen Kulturen vergleichen. Zudem reagieren kleine Samen, wie z. B. Raps, aufgrund ihres geringen Wasserspeichervermögens wesentlich empfindlicher auf ungünstige Saatgutablage als großkörnige Samen, wie beispielsweise die im vorliegenden Versuch ausgebrachten Ackerbohnen und Lupinen. Probleme mit erhöhten Schnecken- oder Mäusedichten in „Strohmulch“-Parzellen gab es in keiner der untersuchten Kulturen und in keinem Versuchsjahr.

In der vorliegenden Untersuchung in Ackerbohne und Lupine zeigten die Pflanzen in den Mulchparzellen **geringfügige Auflaufschwierigkeiten** (Kap. 4.3). Die Entwicklung der Ackerbohnen- und Lupinenpflanzen war in den ersten 3 bis 6 Wochen nach Auflauf in den gemulchten Parzellen leicht gegenüber „konventioneller“ Bodenbearbeitung verzögert, so dass die Pflanzendichte sowie die Wuchshöhe in den Mulchvarianten („Stroh“, „Senf“) zunächst geringer als in der „konventionellen“ Variante war. Der EC-Wert war aber in beiden Anbauvarianten so gut wie identisch und die Unterschiede in der Pflanzendichte waren nur in einigen Fällen signifikant.

### **5.6.2 Förderung des Pflanzenwachstums durch Erhöhung der Bodenfeuchte durch Mulchen**

Danach wurden die oben beschriebenen „Startschwierigkeiten“ allerdings durch eine erhöhte Pflanzendichte in den Mulchsaatparzellen und vor allem eine größere Wuchshöhe (meist höchst signifikant) mehr als ausgeglichen. Auch die Bodenfeuchte lag in „Stroh“ und „Senf“ durchschnittlich höher als in der „konventionellen“ Variante, was vor allem in Zeiten, in denen Trockenstress den limitierenden Faktor für das Pflanzenwachstum darstellte, zu größeren Pflanzenhöhen in den Mulchsaatvarianten führen konnte. Im mäßig trockenen, sehr sonnigen Jahr 1997, in dem eine hohe Globalstrahlung und eine entsprechend hohe Verdunstung gemessen wurde (im Vergleich zum langjährigen Mittel), lag die Bodenfeuchte in der Ackerbohnen-Kultur in der „Stroh“-Variante von Mitte Mai bis Mitte August durchweg um etwa 1 % höher als in „konventionell“ bearbeiteten Parzellen, in der Lupinen-Kultur sogar um etwa 1 bis 2 %. Die Pflanzen konnten in gemulchten Parzellen besser und höher wachsen. Die mittleren Größenunterschiede in „Stroh“ und „konv“ lagen bei bis zu 23 cm. Im insgesamt recht feuchten und kühlen Jahr 1998 waren die Ackerbohnen in der „Strohmulch“-Variante sogar bis zu 29 cm, im „Senf“ bis zu 18 cm größer als in ungemulchter, „konventioneller“ Bodenbearbeitung. Die Bodenfeuchte lag 1998 in beiden Mulchsaatvarianten durchweg um 1 bis 2 % über der Feuchte in ungemulchten („konv“) Parzellen. Im besonders warmen und trockenen Versuchsjahr 1999 zeigte sich eine Förderung des Pflanzenwachstums in den Mulchsaatparzellen allerdings, entgegen der Erwartung, nicht so deutlich wie in den übrigen Versuchsjahren 1997, 1998 und 2000. Eine mögliche Erklärung für diesen Befund wäre, dass 1999 die Bodenfeuchte in den gemulchten Parzellen nicht höher, sondern bis Mitte Juli sogar niedriger als in der „konventionellen“ Bearbeitungsvariante lag. Erst danach war es im Boden der „Stroh“- und „Senf“-Parzellen um bis zu 1 % feuchter als in „konv“. Die Ackerbohnenpflanzen der Zwischenfrucht-Variante überragten ab Mitte Juli die Pflanzen der ungemulchten („konv“) Flächen, die Pflanzen der „Strohmulch“-Parzellen blieben genauso groß wie die „konventionell“ angebauten. Eventuell war es 1999 dermaßen trocken, dass auch die Mulchschicht keine feuchtigkeitskonservierende Wirkung mehr entfalten konnte. Die Pflanzendichte in Lupine wurde 1999 aber durch das Mulchen mit „Stroh“ (n.s.) und besonders durch die Zwischenfrucht (höchst signifikant) deutlich gefördert.

Das **Wachstum der Pflanzen** wurde also durch die Bedeckung des Bodens mit einer **Mulchschicht** („Stroh“ u. „Senf“) **gefördert**. Diese fördernde Wirkung auch anderer Mulchmaterialien ist auch von anderen Autoren bestätigt worden, z. B. von ZALOM (1981), der die Wirkung von Aluminium-Streifen in einer Salat-Kultur untersucht hat: Das Pflanzenwachstum (gemessen in Pflanzenhöhe und Anzahl der Blätter pro Pflanze) wurde durch das Mulchen gefördert. Die mittleren Unterschiede der Pflanzenhöhe bzw. Anzahl der Blätter pro Pflanze zwischen gemulchten und unbedeckten Parzellen wurden im Verlauf der Vegetationsperiode größer. Dies bekräftigt die schon frühere (mündl. überlieferte) Beobachtung von Landwirten, Gärtnern und Förstern. Die förderliche Wirkung des Mulchens auf die Pflanzen lässt sich laut MUSSO (1932) damit erklären, dass die Temperatur des Bodens erhöht wird, wodurch es zu einer intensiveren Tätigkeit der Mikroflora und -fauna kommt. Die Zersetzung der organischen Bestandteile des Bodens geht somit schneller vor sich, und die Nährstoffe sind schneller für die Pflanzen verfügbar. Zusätzlich werden durch die Zersetzung der organischen Mulchauflage „Stroh“ Nährstoffe eingebracht. Auch kam es durch Mulchen, insbesondere durch die „Strohschicht“, zu einer Erhöhung der Luft- und Bodenfeuchte an warmen Tagen mit keinem oder nur geringem Niederschlag. Der Effekt des Mulchs auf die Feuchthaltung des Bodens, kam besonders in trockenen Versuchsjahren (bei Wasserstress) zum Tragen (s. Kap. 5.7).

### 5.6.3 Ertrag und Erntequalität in den Mulchparzellen

Die Ergebnisse waren in den Versuchsjahren und auch in den verschiedenen Kulturen nicht einheitlich. Grundsätzlich war der Ertrag in den gemulchten Parzellen jedoch höher als bei „konventionell“ angebauten Pflanzen und auch auf die Erntequalität hatte das Mulchsaatverfahren, vor allem die „Strohmulch“ einen positiven Einfluss. Die Unterschiede zwischen den Varianten ergeben sich wohl nicht allein durch den Blattlausbefall (s. Kap. 4.1.3), der unter anderem mittelbar durch das Mikroklima beeinflusst wird, sondern sicherlich auch direkt durch klimatische Faktoren.

#### Ertrag

Mulchen erhöhte den Ertrag der Kulturpflanzen. 1997 war die **Gesamtzahl der Hülsen** pro Pflanze in den mit „Stroh“ gemulchten Ackerbohnen-Parzellen geringfügig höher als in ungemulchten Parzellen; der Unterschied war nicht signifikant. In Lupine dagegen wurden in der „Stroh“-Variante signifikant weniger Hülsen geerntet als in „konventionell“ bearbeiteten Parzellen ( $p < 0,05$ , Fisher's PLSD). Die Zahl der geernteten Hülsen pro Pflanze war 1998 in Ackerbohne in den Mulchvarianten, vor allem in den mit „Stroh“ gemulchten Parzellen, höchst signifikant ( $p < 0,0001$ ) höher als in „konventioneller“ Bodenbearbeitung: im „Stroh“ war die Hülsenzahl um 26 %, im „Senf“ um 21 % gegenüber „konv“ erhöht.

Das **mittlere Gesamterntegewicht** (Erntegut von je 50 Pflanzen) der Ackerbohnen war 1997 in der „Strohmulch“-Variante etwas geringer als in „konventioneller“

Bodenbearbeitung (n.s.), in Lupine dagegen höher (n.s.). 1998 lag dagegen das mittlere Gesamterntegewicht der Ackerbohnen in den gemulchten Parzellen, insbesondere im „Stroh“ (signifikant,  $p < 0,05$ ), höher als in „konventioneller“ Bodenbearbeitung. In der Lupinen-Kultur wurde lediglich im „Stroh“ ein größeres mittleres Gesamterntegewicht als in „konventionell“ bearbeiteten Parzellen erzielt. Die Unterschiede zwischen den Varianten waren allerdings nicht signifikant.

Das **Tausendkorngewicht** (TKG) der Ackerbohnen war 1997 in der „Strohmulch“-Variante niedriger als bei „konventionellem“ Anbauverfahren. Der Unterschied war jedoch nicht signifikant. 1998 war das TKG der Ackerbohnen dagegen in den Mulchsaatvarianten, vor allem in der Zwischenfrucht „Senf“ deutlich gegenüber ungemulchten („konv“) Parzellen erhöht. In „Senf“ und „Stroh“ waren die Körner etwas größer und schwerer als in „konventioneller“ Bodenbearbeitung. Ein größeres TKG wirkt sich wie eine höhere Wuchshöhe positiv auf die Fitness der Pflanze und somit auch auf die Keimfähigkeit des Saatgutes aus. In Lupine wies 1998 allerdings die ungemulchte („konv“) Variante vor „Senf“ und zuletzt „Stroh“ das höchste TKG auf.

Auch 1999 erzielte das Mulchsaatverfahren die höheren Erträge im Vergleich zum „konventionellen“ Anbauverfahren. Der **Anteil voll ausgereifter Hülsen** an der Gesamtzahl der Hülsen pro Pflanze lag in „Stroh“ und „Senf“ höher als in „konventionell“ bearbeiteten Parzellen. Die Unterschiede waren jedoch nur zwischen „Stroh“ und „konv“ signifikant ( $p < 0,05$ ). Die Gesamtzahl an Hülsen pro Pflanze war lediglich in der „Strohmulch“-Variante höher (n.s.) als in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung, nicht in „Senf“-Parzellen. Der **Anteil verkümmerter Hülsen** an der Gesamt-Hülsenanzahl war dagegen in beiden Mulchsaatvarianten niedriger als in ungemulchten („konv“) Parzellen. Die Unterschiede waren allerdings wieder nur im „Stroh“ signifikant ( $p < 0,0001$ ). Der Ertrag sowie die Qualität der Ernteprodukte war auch im Versuchsjahr 2000 in den Mulchsaatvarianten besser als in „konventionell“ bearbeiteten Parzellen: Der Anteil verkümmerter Hülsen war hier um 55 % geringer. Im „konventionellen“ Anbauverfahren traten verkümmerte Hülsen mit einem Anteil von 19,5 % an der Gesamt-Hülsenanzahl auf, im „Senf“ waren 8,8 % und im „Stroh“ 9,1 % der Hülsen verkümmert. Auch die Gesamtzahl der Hülsen sowie der Anteil reifer, voll ausgebildeter Hülsen waren in gemulchten Parzellen höher als in der „konventionellen“ Variante. Im „Senf“ wurden 27 % mehr Hülsen gesamt sowie 45 % mehr reife Hülsen pro Pflanze gezählt als in ungemulchten („konv“) Parzellen, im „Stroh“ sogar 36 % mehr Hülsen und 55 % mehr voll ausgereifte Hülsen. Die Unterschiede waren sowohl bei der Gesamtzahl der Hülsen pro Pflanze als auch beim Anteil voll ausgereifter Hülsen in „Stroh“ und „Senf“ gegenüber „konv“ höchst signifikant ( $p < 0,0001$ ).

Der Ertrag wurde auch ganz wesentlich von den blattlausübertragbaren **Viruskrankheiten** in den verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen beeinflusst (s. auch Kap. 5.8.3). Betrachtet man den Krankheitsgrad der Ackerbohnenpflanzen 1998, so fällt auf, dass die „Strohmulch“-Variante den höchsten Anteil gesunder und den niedrigsten

Anteil toter und kranker Pflanzen aufwies. Bezieht man in den Vergleich des Ertrages der 3 Varianten nicht nur die Erntequalität (Pflanzenhöhe, BBCH-Wert, TKG, Anzahl Hülsen und Anteil reifer Hülsen) und das Gesamterntegewicht von jeweils gleich vielen (50) Pflanzen pro Parzelle ein, sondern auch, wie viel Prozent einer Parzelle nicht geerntet werden konnten, so wird der Unterschied zwischen gemulchten und ungemulchter Variante noch deutlicher. In der „konventionellen“ Variante konnte 1998 die Hälfte nicht geerntet werden, während es im „Senf“ nur 30,7 %, im „Stroh“ sogar nur 19,7 % Ernteausfall waren.

Im Freilandversuch mit **Winterraps** 2000 / 01, in dem der Einfluss der Parzellengröße auf den Blattlaus- und Virusbefall (TuYV) sowie den Ertrag in zwei Anbausystemen (mit „Stroh“ gemulcht und ungemulcht = „konventionell“) untersucht wurde, wurde in Großparzellen mit durchschnittlich 80 % eine stärkere Aphiden-Reduktion in der „Strohmulch“-Variante ermittelt als in Kleinparzellen mit durchschnittlich 41 %. Auch die Reduzierung des Befalls mit dem Turnip-Virus in „Stroh“-Parzellen gegenüber „konventioneller“ Bearbeitung war in Großparzellen stärker als in Kleinparzellen. In Kleinparzellen betrug die Differenz der Virusinfektionsrate zwischen „konv“ und „Stroh“ 19,8 %, in Großparzellen sogar 43,5 %. Die Erntequalität, wie relative Feuchte der Rapskörner und Tausendkorngewicht, und der Ertrag pro Hektar waren im Großparzellenversuch höher als im parallel durchgeführten Kleinparzellenversuch, wobei sich gemulchte und ungemulchte Variante bei beiden Parzellengrößen kaum unterschieden. Der Ertrag war in den mit „Stroh“ gemulchten Parzellen des Großparzellenversuchs geringfügig höher als in der „konventionellen“ Variante.

### **Erntequalität**

Die Pflanzen müssen zur Ernte möglichst trocken sein, da sich sonst die Erntemaschinen zusetzen. Allerdings dürfen die Hülsen auch noch nicht zu trocken sein, da sie sonst schon vor bzw. während der Ernte aufplatzen und dann Samen verloren gehen. Die Erntequalität ist bei einem EC-Wert (BBCH-Wert) von 89-95 (s. Anhang; HEIMBACH pers. Mitt.) am besten.

Die Erntequalität (EC-Wert, Anzahl reifer Hülsen pro Pflanze, Pflanzenhöhe) war in den Mulchsaatvarianten, vor allem im „Stroh“, grundsätzlich besser als im „konventionellen“ Anbauverfahren.

Betrachtet man die Erntequalität anhand des **Entwicklungsstadiums**, d. h. der gefundenen EC-Werte der geernteten Pflanzen, so zeigte 1997 die „konventionelle“ Anbauvariante sowohl in der Ackerbohnen- als auch in der Lupinen-Kultur eine unregelmäßigere Reifung als das „Strohmulch“-Verfahren. Geht man davon aus, dass bei einem EC-Wert von 89 die beste Erntequalität erreicht ist, so zeigte auch hier die Mulchvariante gegenüber ungemulchten Flächen in beiden Kulturen das günstigere Ergebnis: Sowohl in Ackerbohne (11 % mehr EC 89 im „Stroh“) als auch in Lupine (4 %

mehr EC 89 im „Stroh“) war der Anteil von EC 89 im „Stroh“ deutlich höher als in „konv“.

Die Anbauvariante mit Zwischenfrucht „Senf“ zeigte 1998 eine unregelmäßigere, und damit ungünstigere, Reifung als die „konventionelle“ und die „Stroh“-Variante: Sie wies den höchsten Anteil grüner Hülsen auf der einen Seite sowie den höchsten Anteil abgestorbener Pflanzen (EC 97) und einen hohen Anteil aufgeplatzter Hülsen (EC 99) auf der anderen Seite auf. In der „konventionellen“ Variante trat die größte Spanne bei den EC-Werten (EC 83-99) auf. Es war also ein etwas größerer Teil der Hülsen unreif als in den beiden Mulchsaatvarianten (EC 87-99). Die „Strohaufgabe“ schien 1998 hingegen das ausgeglichene Pflanzenwachstum bzw. Reifung zu bewirken: Der Anteil vollreifer Hülsen (EC 89) war mit 60 % ähnlich hoch wie in der „konventionellen“ Variante (62 %), der Anteil abgestorbener Pflanzen mit Erntegut (EC 97 u. 99) war mit 30 % (gegenüber 33 % in „konv“ und 44 % in „Senf“) und der Anteil aufgeplatzter Hülsen (EC 99) war mit 8 % (gegenüber 16 % in „konv“ und 12 % in „Senf“) am geringsten. Wenn man davon ausgeht, dass die Qualität der Ernte bei einem EC von 89 am besten ist, da die Hülsen dann schon vollreif, aber noch nicht aufgeplatzt sind: In diesem Fall lieferte die „konventionelle“ Variante die besten Ernte-Ergebnisse, vergleichbar mit „Stroh“ (s.o.). Auch wenn man alle EC-Stadien reifer Pflanzen (EC 89-99) berücksichtigt, war die Erntequalität in der „konventionellen“ Variante am höchsten: „konv“ 94,0 %, „Senf“ 88,2 % und „Stroh“ 89,5 % reife Pflanzen. Allerdings ist hier nur vom EC-Wert und nicht vom Ertrag die Rede! Der Ertrag war 1998 in beiden Mulchsaatvarianten deutlich größer als beim „konventionellen“ Anbauverfahren (s.o.).

Die **Pflanzenhöhe** war in den Mulchsaatvarianten deutlich größer als in den „konventionell“ bearbeiteten Parzellen: 1997 waren die in „Stroh“-Parzellen geernteten Lupinenpflanzen höchst signifikant ( $p < 0,0001$ , Fisher's PLSD) größer als die auf ungemulchten Flächen geernteten. Auch 1998 waren die geernteten Pflanzen in beiden Mulchvarianten „Stroh“ und „Senf“ höchst signifikant ( $p < 0,0001$ ) größer als in der „konventionellen“ Variante, im „Stroh“ dabei noch größer als im „Senf“ ( $p < 0,0001$ ); im „Stroh“ waren die Pflanzen durchschnittlich um 32 %, im „Senf“ um 17 % höher als in „konv“. Im Versuchsjahr 2000 waren die geernteten Ackerbohnen-Pflanzen ebenfalls in beiden Mulchvarianten, insbesondere in der „Stroh“-Variante, deutlich größer als die „konventionell“ angebauten Bohnen. Der Unterschied zwischen „konventionell“ und „Senf“ von gut 2 cm war nicht signifikant, zwischen „konv“ und „Stroh“ von 11 cm dagegen höchst signifikant ( $p < 0,0001$ ). 1999 waren die geernteten Ackerbohnen in „Senf“ (n.s.) und „Stroh“ ( $p < 0,05$ ) analog zur geringeren Bodenfeuchte in den gemulchten Parzellen bis Mitte Juli in diesem Jahr zwar kleiner als im „konventionellen“ Anbau, der Ertrag und die Qualität der Ernteprodukte waren allerdings in den Mulchsaatvarianten trotzdem höher als im „konventionellen“ Verfahren (s.o.).

Die Pflanzengröße hat über eine **höhere Fitness großer Pflanzen** auch einen positiven Effekt auf die Qualität des Erntegutes, wie z.B. eine erhöhte Keimfähigkeit.

Genauso haben auch Größe und Gewicht der Samen (bestimmt als **Tausendkorngewicht** TKG) Einfluss auf die Keimfähigkeit. Diese ist bei großen Pflanzen und hohem TKG höher als bei kleineren Pflanzen und kleinerem TKG.

#### 5.6.4 Unkraut

Die Wirkung des Aufbringens einer „Strohschicht“ nach der Aussaat bzw. der Saat in eine Zwischenfrucht auf den Unkrautbedeckungsgrad war unterschiedlich. Teilweise waren in den gemulchten Parzellen deutlich weniger Unkräuter zu finden als auf ungemulchten („konv“) Flächen, in anderen Fällen aber auch mehr.

In der **Lupinen**-Kultur standen Ende Juli **1997** auf den „konventionell“ behandelten Flächen deutlich (82 %) mehr Unkräuter pro m<sup>2</sup> als in den Parzellen mit „Strohmulchauflage“. Allerdings waren es nur 2 Pflanzenarten mehr. Die deutlichen Unterschiede beim Unkrautdeckungsgrad zwischen „konventioneller“ Bodenbearbeitung und „Strohmulchauflage“ gerade in Lupine könnten darin begründet liegen, dass die Lupinenpflanzen in der „Stroh“-Variante diejenigen in den „konventionell“ behandelten Parzellen schon ab Mitte Juni bis zur Ernte Ende August im Mittel um bis zu 15 cm an Wuchshöhe übertrafen. Die „Strohmulchschicht“ zeigte somit 1997 in Lupine 2 Wochen eher als in Ackerbohne eine wachstumsfördernde Wirkung. Das Aufbringen von „Stroh“ bewirkte zunächst bei beginnendem Wachstum der Kulturpflanzen eine direkte Abdeckung der Bodenoberfläche, und somit einen Schutz vor Unkräutern, und später eine indirekte Abdeckung des Bodens durch Förderung des Wachstums der Kulturpflanzen.

**1998** waren im Gegensatz zu 1997 in den Mulchvarianten in Ackerbohne und Lupine mehr Unkräuter zu finden als auf ungemulchten („konv“) Flächen. In **Lupine** wurden Anfang Juli in der „Stroh“-Variante geringfügig mehr (15,7 %) Unkrautpflanzen / m<sup>2</sup> gezählt als in „konventionell“ bearbeiteten Parzellen. In der Variante mit Zwischenfrucht „Senf“ waren es dagegen deutlich weniger Unkraut-Pflanzen / m<sup>2</sup> (um 51 % weniger) als in „konv“. Die Anzahl verschiedener Unkraut-Arten war in beiden Mulchsaatvarianten höher als in der „konventionellen“ Variante, im „Senf“ waren es sogar beinahe doppelt so viele Arten wie in „konv“. In der **Ackerbohne** ergab sich ein etwas abweichendes Bild von Lupine. Die mittlere Anzahl Unkrautpflanzen / m<sup>2</sup> war hier nicht im „Senf“, sondern in der „konventionellen“ Variante am geringsten, im „Stroh“ am höchsten (um 55,6 % mehr als in „konv“). Die Zahl der Unkräuter im „Senf“ war jedoch mit der Anzahl in „konv“ vergleichbar (nur 9,5 % mehr). In der „konventionellen“ Variante waren jedoch die meisten Unkraut-Arten zu finden, während die Zahlen in den beiden Mulch-Varianten vergleichbar waren. Insgesamt wurden in Ackerbohne 1998 eine höhere Unkrautdichte und auch mehr Arten als in Lupine gefunden. 1999 und 2000 wurden keine Unkrautbonituren durchgeführt.

### **5.6.5 Zusammenfassende Darstellung des Einflusses von Mulchsaat auf die Pflanzenentwicklung**

Die Beobachtung, dass Mulchen zu einem höheren Ernteertrag führt, wurde schon von anderen Autoren bestätigt (z. B. JACKS et al. 1955, ZALOM 1981, SIEKMANN et al. 2003).

Der positive Effekt des Mulchens ist dabei auf verschiedene Faktoren zurückzuführen, wie

- Konservierung der Bodenfeuchte durch Reduzierung der Verdunstung des Bodens und Reduzierung des Wasser-Abflusses
- Erhöhtes Einsickern von Wasser in den Boden (Infiltration)
- Ausgleichende Wirkung auf das Temperaturregime des Bodens, also Anhebung oder Senkung der Bodentemperatur
- Verbesserte Verfügbarkeit von mineralischen Pflanzennährstoffen
- Verbesserte Nitrifikation
- Einbringung von zusätzlichen Nährstoffen und organischem Material durch Zersetzen des Mulchmaterials
- Bewahrung oder Verbesserung der Bodenstruktur
- Schutz vor Bodenerosion
- Unterdrückung des Unkrautwachstums

Der Zusammenhang zwischen klimatischen Bedingungen im Bestand und der Entwicklung der Kulturpflanzen war in der vorliegenden Untersuchung deutlich zu erkennen. Der Mulch, sowohl die Strohaufgabe als auch die Zwischenfrucht Senf, zeigten einen positiven Einfluss auf das Mikroklima im Bestand, was sich auf die Pflanzenentwicklung fördernd auswirkte. Die jeweiligen Wetterbedingungen der verschiedenen Versuchsjahre hatten einen Einfluss darauf, in welchem Ausmaß die Mulchaufgabe ihre Wirkung auf das Mikroklima und Pflanzenwachstum entfalten konnte. In einem trockenen, warmen Sommer mit hoher Sonneneinstrahlung und entsprechend hoher Verdunstung konnte die Mulchschicht ihren Verdunstungsschutz und ihre temperatúrausgleichende Wirkung im Gegensatz zu einer Vegetationsperiode mit hohen Niederschlägen und geringer Globalstrahlung wesentlich besser zeigen.

Es werden so viele Bodeneigenschaften durch das Mulchen verändert, dass sich der Nutzen des Mulchens gewöhnlich nicht auf die Verbesserung eines Faktors oder einer Gruppe von Faktoren zurückführen lässt. Mulchen kann z. B. durch bloßes Auswaschen von Nährstoffen aus dem Mulchmaterial eine Zunahme des Nährstoffgehaltes des Bodens bewirken, aber zur selben Zeit können durch von der Mulch induzierte Veränderungen im Feuchtigkeits- und Temperaturregime des Bodens die allgemeinen Bedingungen der Nährstoffverfügbarkeit zum Besseren oder Schlechteren verändert sein (JACKS et al. 1955). In derselben Weise stehen die Unterschiede in der Stickstoff-Produktion, die im Zusammenhang mit dem Mulchen im Vergleich zu ungemulchten Flächen beobachtet wurden, mit dem gesamten Faktorenkomplex der Nitrifizierung, von denen Mulchen einen Faktor darstellt, in Zusammenhang. Trotz dieser komplexen Effekte des Mulchens auf den Boden können doch bestimmte Muster in der Wirkungsweise beobachtet werden, die äußeren Witterungseinflüssen zugerechnet werden können. Manche stehen z. B. im



Zusammenhang mit niedrigen Temperaturen und Frost im Winter, andere mit hohen Sommertemperaturen und Trockenheit (JACKS et al. 1955). DE VRIES (1949) berichtete von dem außergewöhnlich günstigen Effekt von Mulchen mit Lalang-Stroh (Poaceae: *Imperata arundinacea*) auf Kautschukbäume, die an Wasser- und Nährstoffmangel litten. Er vermutete, da das Stroh resistent gegen Zersetzung sei, dass der Nutzen des Mulchs nicht von einer Düngung herrühre, sondern dass die Gesundung der Bäume hauptsächlich damit zu erklären sei, dass die oberen Bodenschichten, in welchen die Kautschukbäume eine Vielzahl von feinen Wurzeln entwickeln, durch das Mulchen kühler und feuchter gehalten wurden. Auch DESHEVYKH (1941), der das Bodenfeuchtereime in Hirse unter einer 2,5 cm dicken Torf-Mulchschicht auf schweren Podsol-Böden in der Nähe von Moskau untersuchte, stellte fest, dass der gemulchte Boden im gesamten Untersuchungszeitraum von Juni bis Oktober, mit Ausnahme des Höhepunktes der Pflanzenentwicklung im Juli, einen höheren Feuchtigkeitsgehalt als der ungemulchte Boden aufwies. Nachdem der Herbstregen eingesetzt hatte, waren die Unterschiede aufgehoben. Schwankungen in den oberen 13 cm des Bodens waren in den gemulchten Flächen kleiner als in den ungemulchten.

## 5.7 Einfluss des Mulchens auf das Mikroklima

In allen Versuchsjahren, egal ob kühl und feucht, wie 1998, oder warm und trocken, wie 1999 und 2000, zeigten sich **tageszeitliche Unterschiede** in der Temperatur von Luft und Boden sowie in der Luftfeuchtigkeit in unterschiedlichen Messhöhen im Verlauf der Vegetationsentwicklung (s. Kap. 4.4.2.2). Nachts war die Temperatur oder Feuchtigkeit in den beiden Mulchsaatvarianten „Stroh“ und „Senf“ mehr oder weniger stark den Werten in der ungemulchten („konventionellen“) Bodenbearbeitung angenähert. Tagsüber wich sie stärker nach oben oder unten von der „konventionellen“ Variante ab. Der Maximalwert lag dabei um die Mittagszeit bzw. nachmittags bei höchstem Sonnenstand und Tageshöchsttemperaturen. Vergleichbare Effekte von Strohmulch auf das Mikroklima im Bestand waren in Kartoffeln bei Untersuchungen von DÖRING et al. (2006) erkennbar. Nachts war die Luft in den gemulchten Parzellen geringfügig feuchter und kühler, am Tag jedoch etwas trockener und wärmer als in den Parzellen ohne Strohmulch. Dieser tageszeitliche Effekt war in der 14-tägigen Periode direkt nach dem Mulchen deutlich, in der Periode 4 bis 6 Wochen danach weniger ausgeprägt. In einem anderen Versuch von DÖRING et al. (2006) wurde über 4 Wochen eine stetige Verringerung der Verdunstung im Kartoffelbestand durch Mulchen beobachtet. In einem Versuch von ZALOM (1981) in mit Aluminium-Streifen gemulchten Salat-Kulturen war die Umgebungstemperatur über der Bodenoberfläche der gemulchten Parzellen um 2 °C (durchschnittliche Tagestemperatur) höher. In einem ähnlichen Bereich bewegten sich auch die maximalen Differenzen zwischen Mulch und „konventioneller“ Bearbeitung in der vorliegenden Untersuchung in Ackerbohne: In der „Strohmulch“-Variante lag die Lufttemperatur im Bestand maximal 2,5 °C höher als in „konventionell“ bewirtschafteten Parzellen, im „Senf“ war es maximal

1,6 °C wärmer als in „konv“ (s. Kap. 4.4.1). Die mittleren Unterschiede der Maximaltemperatur des Tages wurden bei ZALOM und in der vorliegenden Untersuchung im Verlauf der Vegetationsperiode größer.

Die gleichen Tendenzen bei der Luftfeuchtigkeit und auch der Temperatur in den unterschiedlichen Versuchsjahren, vor allem 1999 und 2000, sprechen für eine **allgemeine Gültigkeit** der Aussage im Hinblick auf räumliche und zeitliche Aspekte. 1999 fanden die Untersuchungen in Kleinparzellen auf dem BBA-Gelände im Stadtgebiet von Braunschweig statt (städtisch geprägtes Klima), wohingegen im Jahr 2000 in Großparzellen in Sickte (ländlich geprägtes Klima) untersucht wurde.

Es zeigte sich aber auch, dass die Wirkung des Mulchens auf das Mikroklima im Bestand von den im Versuchsjahr herrschenden **allgemeinen Witterungsbedingungen** abhängig war. Im kühlen und niederschlagsreichen Versuchsjahr 1998 waren die Ergebnisse weniger deutlich oder zeigten teilweise gegensätzliche Tendenzen zu den warmen und trockenen Jahren 1999 und 2000.

Die fortschreitende Vegetationsentwicklung, sprich die **Pflanzenhöhe**, hatte einen Einfluss auf das Mikroklima, in Verbindung mit zunehmender Tageshöchsttemperatur im Jahresverlauf (s. Kap. 4.4.1). Die Pflanzengröße wurde durch die Mulchauflage beeinflusst (s. Kap. 4.3.7 u. 5.6.2) und könnte ihrerseits einen Einfluss auf die Temperatur ausgeübt haben. Die mittleren Unterschiede der Pflanzenhöhe wurden, wie bei der Maximaltemperatur des Tages, in der vorliegenden Untersuchung und bei ZALOM (1981) im Verlauf der Vegetationsperiode größer. Zum Zeitpunkt, als eine niedrige Lufttemperatur herrschte und besonders die Strohschicht eine temperaturerhöhende Wirkung zeigte, waren die Pflanzen noch klein, maximal 20 cm hoch, und in allen Varianten etwa gleich groß. Im „Stroh“ waren sie sogar geringfügig kleiner als in der „konventionellen“ Variante. In dem Zeitraum, in dem dagegen die Mulchauflage, insbesondere die Strohschicht, einen Temperatur-reduzierenden Effekt aufwies (ab Anfang Juni 1998), waren die Pflanzen in den beiden Mulchsaatvarianten größer als in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung, was bis zum Ende der Vegetationsperiode Ende August / Anfang September bestehen blieb. Zum Höhepunkt der Temperaturreduktion in den Mulchsaatvarianten gegenüber „konventioneller“ Bodenbearbeitung Mitte Juli bis Ende August 1998 waren die Pflanzen 80 bis maximal 120 cm hoch. Der direkte Effekt der Strohschicht (Reflexion) könnte hier durch die indirekte Wirkung der Mulchauflage (Förderung des Pflanzenwachstums, dadurch erhöhte Beschattung) überlagert worden sein.

Die Temperatur- und Luftfeuchtedifferenzen zwischen den gemulchten und der ungemulchten Variante waren allgemein in 70%iger Vegetationshöhe geringer als direkt an der Bodenoberfläche. Diese Beobachtung trat im heißen, trockenen Versuchsjahr 1999 deutlicher zutage als im kühlen, niederschlagsreichen Versuchsjahr 1998 und im „Stroh“ deutlicher als im „Senf“ und galt nur für die Phasen vor der Ernte der Kulturpflanzen. (In der Nach-Ernte-Phase fielen im Gegenteil die Unterschiede in 70%iger Vegetationshöhe höher aus.) Der größere Effekt der Mulchschicht am Boden ist dadurch erklärbar, dass dort

der Beschattungseffekt durch die Pflanzen größer ist als in 70%iger Vegetationshöhe, was in einem heißen, trockenen Versuchsjahr mehr zum Tragen kommt als in einem kühlen, sonnenscheinarmen Jahr.

Die „**Strohmulch-Auflage**“ schien in hohem Maße klimaausgleichend zu wirken. Bei hoher Sonneneinstrahlung und hohen Temperaturen bei geringer Luftfeuchte wirkte die „Strohschicht“ in allen Versuchsjahren temperatursenkend und feuchtigkeitshaltend, bei niedrigen Temperaturen temperaturerhöhend. Bei starken Niederschlägen und kühlen Temperaturen war es in den „Stroh“-Parzellen trockener als in der „konventionellen“ Variante. Je höher die Sonneneinstrahlung und je höher die allgemeine Lufttemperatur, umso stärker zeigte sich die Wirkung der Strohmulch-Schicht, die Lufttemperatur zu senken und die Luft- und Bodenfeuchtigkeit zu erhöhen. Offensichtlich entfaltet die Mulchauflage, insbesondere die „Strohschicht“, ihre deutlichste Wirkung bei trockenen, sonnenscheinreichen Wetterbedingungen. Regnet es dagegen viel bzw. herrscht allgemein eine hohe Luftfeuchtigkeit, kann die Strohschicht ihre feuchtigkeitshaltenden Eigenschaften nicht zeigen, d. h., die Unterschiede zwischen Mulchwirtschaft und „konventioneller“ Bodenbearbeitung treten nicht so deutlich zutage. Eine Einwirkung auf die Bodentemperatur durch Mulchen ist nur bei Sonnenschein möglich; an trüben und regnerischen Tagen werden Boden und Luft dagegen nicht verschieden von der Sonne erwärmt, und der Temperatur-Unterschied zwischen Boden und Luft ist äußerst gering. Der Boden ist meist, dank der Eigenwärme der Erde, geringfügig wärmer als die Luft (MUSSO 1932). Im Sommer, bei intensiver Sonneneinstrahlung, wird die Erwärmung des Bodens durch Bedecken der Bodenoberfläche mit hellem, einen großen Teil des Sonnenlichts reflektierendem Mulchmaterial, wie z. B. weißes Papier, aber auch Stroh, aufgehalten und dadurch die Bodentemperatur herabgesetzt. Diese Beobachtung wurde bisher von vielen Autoren bestätigt. So auch in einer Untersuchung, die in Nordindien in trocken-heißem Klima bei maximalen Lufttemperaturen von 32 bis 41 °C durchgeführt wurde (SEKHON et al. 2005). Mulchen mit Weizen-Stroh-Mulch reduzierte hier die maximalen Bodentemperaturen, die in Saat-Tiefe in ungemulchten Parzellen bei 30 bis fast 50 °C lagen, ganz erheblich von gut 1 °C bis zu fast 13 °C.

Auch in der vorliegenden Untersuchung zeigte die „Strohmulch“-Schicht ihre größte temperatursenkende Wirkung bei hohen Temperaturen bzw. hoher Sonneneinstrahlung. Die Differenz zwischen der Temperatur in der „Stroh“-Variante und in der „konventionellen“ Variante war am größten im besonders warmen und trockenen Versuchsjahr 1999 und hier am größten im Hochsommer Ende Juli bis Anfang August, wo die höchsten mittleren Tagestemperaturen und die geringste relative Luftfeuchtigkeit erreicht wurden. Ende Juli 1999 wurde die maximale Reduzierung der Lufttemperatur an der Bodenoberfläche mit im Tagesdurchschnitt 2,1 °C geringerer Temperatur im „Stroh“ im Vergleich zur ungemulchten Variante gemessen. In 1 cm Bodentiefe war die Temperatur unter der „Strohmulch“-Auflage Mitte Juli im Tagesdurchschnitt maximal um

2,8 °C gegenüber der „konventionellen“ Variante reduziert. Die Maximale Lufttemperatur war zu diesem Zeitpunkt Mitte Juli 33 °C.

Die Zwischenfrucht „**Senf**“ schien für die Klima-Regulation (d. h. Temperatur und Feuchtigkeit) im Bestand, anders als die Strohmulch-Schicht, keine nennenswerte Rolle zu spielen. In dieser Variante schienen sich die allgemeinen Wetterbedingungen widerzuspiegeln, ja sogar noch im Vergleich zu ungemulchtem Boden zu verstärken. Allerdings gab es auch Ausnahmen: 1998 und 2000 zeigten die „Senf“-Stoppeln bei warmem, trockenem Wetter mit intensiver Sonneneinstrahlung doch teilweise eine leicht temperatursenkende und luftfeuchtesteigernde Wirkung, wenn auch nicht in demselben Maße wie die „Strohschicht“. Eine kühlende Wirkung zeigte der „Senf“-Mulch vor allem dann, wenn die Temperaturen zwar warm, aber nicht zu heiß waren. 1999 und 2000 war es in der „Senf“-Variante vor allem bei sehr hohen Temperaturen wärmer als in „konventionell“ behandelten Parzellen. Es könnte also sein, dass bei ganz hohen Außentemperaturen der Senf sozusagen „überfordert“ ist und keine kühlende Wirkung zeigen kann, während er bei „moderat warmen“ Temperaturen diese Wirkung zeigen kann, v. a. deutlich 1998. Der temperatursenkende Effekt des „Senf“-Mulchs war in 70%iger Vegetationshöhe stärker ausgeprägt als an der Bodenoberfläche. Bei wechselhaftem Wetter mit häufigen Niederschlägen und kühlen Temperaturen war es in der „Senf“-Variante vor allem 1998, aber auch 2000, wärmer als in „konventioneller“ Bodenbearbeitung. Auch wurde die Feuchtigkeit im Boden 1998 und 1999 nicht nur von der Strohschicht, sondern auch von den Senfpflanzen gehalten.

### **Unterschiede vor und nach der Ernte**

Die Messung von Temperatur (in Luft und Boden) und Luftfeuchte nach der Ernte der Ackerbohnen (Nach-Ernte-Phase V, s. Kap. 4.4.2.2) zeigte noch einmal den Einfluss des Mulchens ohne Beeinflussung durch den Kulturpflanzenbestand, und zwar bei hohen mittleren Tageshöchsttemperaturen (Hochsommer). Es gab also einen Unterschied zu Phase I und II, wo ebenfalls der Einfluss des Mulchens ohne Pflanzen (Phase I) bzw. mit niedrigem Bewuchs (bis zu 20 cm Höhe; Phase II) gezeigt werden konnte.

Vor allem die Zwischenfrucht „**Senf**“ zeigte ohne Beeinflussung durch den Kulturpflanzenbestand ein grundsätzlich anderes Verhalten als mit Pflanzenbewuchs. Dies zeigte sich aber lediglich bei hohen Temperaturen und starker Sonneneinstrahlung. Während es also im sehr warmen Versuchsjahr 1999 im „Senf“, im Unterschied zur „Strohmulch“-Variante, in den Phasen mit Pflanzenbedeckung wärmer und trockener war als in der „konventionellen“ Variante, konnte man nach der Ernte und auch in den Phasen ohne bzw. mit kleinen Pflanzen 1999 und 2000 anhand der Luft- und Bodentemperatur (v. a. in 1 cm Tiefe) sowie der Luftfeuchte sehen, dass ohne Bedeckung des Bodens durch Kulturpflanzen auch der „Senf“-Mulch tagsüber (bei der Feuchtigkeit wenigstens vormittags) bei hoher Sonneneinstrahlung und hohen mittleren Tagestemperaturen einen **kühlenden und feuchtigkeitskonservierenden Effekt** haben konnte, wenn auch nicht in

so starkem Maße wie der „Strohmulch“. In 1 cm Bodentiefe war der temperatursenkende Effekt des „Senfmulchs“ mit abnehmender Tendenz bei zunehmender Pflanzenhöhe in Phase I und II sogar stärker als die „Strohschicht“ zu erkennen.

Ohne Einfluss der Kulturpflanzen zeigte der „Senfmulch“ also eine ähnlich klimaausgleichende Wirkung wie der „Strohmulch“ ohne oder mit Kulturpflanzenbestand, wenn auch längst nicht in gleicher Stärke. Wenn Kulturpflanzenbewuchs dazukam, wurde die schwache Wirkung der Senfpflanzen von der Wirkung der Ackerbohnen überlagert, der „Senfmulch“ konnte nicht mehr seine kühlenden und feuchtehaltenden Eigenschaften zeigen, und es war im „Senf“ sogar wärmer und trockener als in ungemulchten Parzellen.

Warum konnte man nach der Ernte der Kulturpflanzen, die ja durch die beiden Mulchsaatvarianten im Vergleich zur ungemulchten Variante ebenfalls in ihrem Wachstum beeinflusst waren und unterschiedliche Höhe und Masse entwickelten, überhaupt noch Unterschiede zwischen den Varianten sehen? Der Boden war durch das Mulchen, die starke Durchwurzelung des Bodens in der Variante mit Zwischenfrucht „Senf“ mit letzten Resten der Senfpflanzen und die schon verrottende „Strohschicht“, offensichtlich auch nach dem Abernten der Ackerbohnen noch ausreichend beeinflusst, dass sich Unterschiede im Mikroklima messen ließen.

Während die Zwischenfrucht „Senf“, mit ihrer verstärkten Durchwurzelung des Bodens, ohne Kulturpflanzen an Einfluss gewann, schien sich die klimaregulierende Wirkung der „**Strohschicht**“ nach der Ernte der Ackerbohnen abzuschwächen. In den Phasen mit hohem Pflanzenbestand zeigte der „Strohmulch“ tagsüber 1998 und 1999 eine kühlende und feuchtigkeitshaltende Wirkung im Vergleich mit der „konventionell“ behandelten Variante. Nach der Ernte war es dann in beiden Versuchsjahren in der „Strohmulch“-Variante an ein paar Stunden tagsüber geringfügig wärmer und trockener als in „konventioneller“ Bodenbearbeitung (konform mit Phase I+II 1998 und anders als Phase I+II 1999 u. II 2000), aber einige Stunden am Tag auch weiterhin kühler und feuchter. Die Strohhäcksel wurden im Laufe des Jahres immer mehr abgebaut, so dass sie am Ende der Vegetationsperiode wahrscheinlich, anders als die starke Durchwurzelung des Bodens durch die „Senfpflanzen“, kaum mehr eine Auswirkung auf das Mikroklima hatten. Die Variantenunterschiede zwischen „Stroh“ und „konventionell“ in Temperatur und Luftfeuchte ergaben sich im fortschreitenden Jahresgang wahrscheinlich hauptsächlich über die unterschiedliche Ausprägung der Kulturpflanzen (in der „Stroh“-Variante waren die Pflanzen größer und kräftiger), wenig auch über die Reste des Mulchmaterials „Stroh“ auf der Bodenoberfläche. Das Mulchen mit Zwischenfrucht wirkte also auch ohne Kulturpflanzen nachhaltiger auf das Bodenklima. Das Mulchen mit Stroh Häcksel konnte in den ersten beiden Phasen ohne bzw. mit sehr kleinem Kulturpflanzenbestand, als das Stroh noch frisch und nicht abgebaut war, direkt eine klimaregulierende Wirkung entfalten und später, nach vermehrtem Abbau, den Einfluss auf das Mikroklima hauptsächlich indirekt über die Beeinflussung des Wachstums der Ackerbohnen ausüben. Sowohl „Senf“ als auch „Stroh“ konnten ihre klimaregulierende

Wirkung am deutlichsten bei hohen mittleren Tagestemperaturen sowie hoher Sonneneinstrahlung zeigen, „Senf“ allerdings nur bei moderat hohen Werten. Im kühlen niederschlagsreichen Jahr 1998 zeigten sich vor allem im Gegensatz zum sehr warmen trockenen Versuchsjahr 1999 in der Nach-Ernte-Phase keine grundsätzlichen Veränderungen zu den mit hohen Pflanzen bestandenen Phasen.

### **5.7.1 Vergleich der verschiedenen Methoden zur Auswertung der Loggerdaten**

Die Auswirkungen des Mulchens auf das Mikroklima im Bestand, die sich beim Vergleich der 3 Versuchsjahre mit ihren spezifischen im jeweiligen Jahr herrschenden Wetterbedingungen zeigten, wurden noch einmal durch statistische Auswertung von jahresübergreifenden Temperaturkategorien (nach Tageshöchsttemperaturen) überprüft. Dabei wurden die oben genannten Ergebnisse grundsätzlich bestätigt. Allerdings schienen bei der Kategorien-Bildung differenzierte Informationen über die Wirkungsweise der Zwischenfrucht „Senf“ verlorenzugehen. Bei der zeitlichen Auswertung der Klimadaten im Jahresverlauf wurde festgestellt, dass Senf einen zwar nicht annähernd so starken kühlenden und feuchtigkeitskonservierenden Effekt wie die Strohschicht zeigte, aber doch bei moderat warmen Temperaturen eine geringe klimaausgleichende Wirkung hatte. Dieser Aspekt konnte bei der Bildung von Temperaturkategorien nicht festgestellt werden, sondern die Zwischenfrucht zeigte hier lediglich eine Verstärkung der äußeren Klimafaktoren, die auch bei Auswertung unter zeitlichen Aspekten im Großteil des Jahres auftrat.

## **5.8 Beziehungen zwischen Mulchen, Mikroklima, Pflanzenentwicklung und Blattlausbefall**

### **5.8.1 Einfluss der Fitness der Wirtspflanze auf die Blattlausentwicklung**

Der **Clip-Cage-Versuch** (Kap. 4.1.6) sollte Aussagen über den Einfluss der Fitness der Wirtspflanze auf die Blattlausentwicklung in den unterschiedlichen Versuchsvarianten ermöglichen.

Die Ergebnisse beider Versuchsjahre 1998 und 1999 sowie beider Kulturpflanzen, Ackerbohne und Erbse, scheinen darauf hinzudeuten, dass Blattläuse sich an Pflanzen mit höherer Fitness (in den Mulch-Varianten wiesen die Pflanzen die höchsten Wuchshöhen auf, s. Kap. 4.3.3.2, Abb. 4.60) besser entwickeln, wenn keine Prädatoren vorhanden sind. Diese werden durch die Enclosure-Situation des Clip-Cages ausgeschlossen. Die blattlausreduzierende Wirkung der Mulchsaat, insbesondere die Aussaat einer Zwischenfrucht, beruht somit wahrscheinlich auf einer Förderung der Blattlausprädatoren. Stroh scheint hingegen vornehmlich eine optische Wirkung beim Erstbefall zu haben, was die ähnlichen Vermehrungsraten der Läuse in der „konventionellen“ und der

„Strohmulch“-Variante in beiden Versuchsjahren zeigen. Es fehlen aber noch weitere Versuche, um diese Vermutungen abzusichern.

Verschiedene Blattlausarten oder Rassen können durch Einbringen von Enzymen direkt in den Stoffwechsel der Wirtspflanze eingreifen (Blockierung der CO<sub>2</sub>-Fixierung im Calvinzyklus der Photosynthese) und die Aminosäuresequenz verändern und so die Nahrungsressource an ihre artspezifischen Ansprüche anzupassen (NOZON 1990, THIEME 1992). Dabei wird das C/N-Verhältnis zugunsten des Stickstoffs verschoben, der für die Blattläuse der limitierende Faktor ist; Kohlenstoff ist dagegen im Überfluss vorhanden und wird über den Honigtau ausgeschieden.

Zu welchem Anteil die Reduktion des Blattlausauftretens durch Mulchsaatverfahren mit dieser veränderten Leistungsfähigkeit der Photosynthese zu erklären ist, ist aber noch unklar geblieben. Der Grad der Verbesserung der besiedelten Pflanze zeigte sich bei NOZON (1990) jedoch hochgradig abhängig von der Leistungsfähigkeit des Photosynthesystems und damit der Fitness der Kulturpflanze. In der vorliegenden Untersuchung konnte lediglich der Einfluss der Mulchsaat- bzw. des „konventionellen“ Verfahrens auf das Pflanzenwachstum (gemessen als Auflaufbonitur und Pflanzenhöhe) beschrieben werden und daraus auf die Fitness der Wirtspflanzen geschlossen werden. Ein möglicher Einfluss von Mulchsaatverfahren auf die Leistungsfähigkeit der Photosynthese und damit die Fitness geht von der erhöhten Bodenfeuchte aus, wie bei *Brevicoryne brassicae* beobachtet wurde (BURGESS et al. 1996). Die Bedeutung der Nahrungsqualität für *Acyrtosiphon pisum* wurde u. a. auch von KOUAME & MACKAUER (1992) dargestellt.

Der Anbau einer Zwischenfrucht im pfluglosen Direktsaatverfahren verringert also das Blattlausaufkommen nicht nur über die Förderung der überwinterten Stadien polyphager Blattlausprädatoren, sondern auch über den pflanzenverfügbaren Stickstoff. Hoher Stickstoffgehalt im Boden erhöht die Konzentration spezifischer Aminosäuren im Phloemsaft der Pflanzen, die einen limitierenden Faktor für die Ernährung der Aphiden darstellt und steigert so die Vermehrungsrate der Blattläuse (HANISCH 1980, HONEK 1991). Weiterhin bewirken hohe N-Gaben (Düngung) eine Verlängerung der Phase vegetativen Pflanzenwachstums und eine verspätete Seneszenz. Dadurch bieten die Pflanzen den Aphiden länger eine günstige Nahrungsquelle. Verzicht auf Einsatz des Wendepfluges hatte eine Anhäufung von organischer Substanz in den oberen Bodenschichten zur Folge (JOSCHKO et al. (1997). Nach BAEUMER (1994) wird während der ersten Jahre der Umstellung auf pfluglosen Anbau mehr Stickstoff immobilisiert als mineralisiert, so dass eine verringerte Verfügbarkeit von Stickstoff für die Pflanze auftreten kann. Ein verringerter Stickstoff-Gehalt in den Kulturpflanzen hat wiederum negative Auswirkungen auf die Blattlausvermehrung. So könnte die verringerte Erstbesiedlung des Bestandes in der „Senf“-Variante neben einem optischen Effekt auch auf veränderte Stoffmineralisierungsprozesse im Direktsaatverfahren zurückzuführen sein.

### **5.8.2 Einfluss des Blattlausbefalls auf die Pflanzenentwicklung**

Zum einen richten Blattläuse indirekten Schaden an den Kulturpflanzen durch die Übertragung von Pflanzenviren an (s. Kap. 5.8.3), der oft den direkten Schaden übersteigt. Zusätzlich kommt es oft noch zu durch die Schwächung der Pflanzen induzierten Sekundärinfektionen durch Pilze. Zum anderen verursachen Blattläuse direkte Saugschäden durch Assimilateentzug und Abwehrreaktionen der Pflanze auf den für sie mehr oder weniger toxisch wirkenden Speichel der Läuse. Zudem können Blattläuse in den Stoffwechsel der Pflanzen eingreifen und diesen zu ihrem Vorteil verändern.

Beim Vergleich der Pflanzenentwicklung bei fortschreitendem Pflanzenwachstum mit der Zahl der siedelnden Blattläuse, ohne Berücksichtigung von Viruskrankheiten, kam es zu folgenden Ergebnissen: Bei geringem Schädlingsbefall (im Mittel 4 Blattläuse pro Pflanze) traten noch keine Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum auf. Bei zunehmender Vermehrung der Blattläuse (im Mittel 159 Läuse pro Pflanze) war zunehmend ein negativer Einfluss der Schädlinge auf die Pflanzenentwicklung zu beobachten. Stark befallene Pflanzen blieben in ihrem Wachstum zurück.

Auch wenn für alle untersuchten Versuchsjahre 1998-2000 das oben beschriebene Grundprinzip galt, kann die Schadensschwelle des Blattlausbefalls nicht genau festgelegt werden, da die Blattlausbesiedlung und Pflanzenentwicklung in den 3 Jahren zu unterschiedlich ausfielen. 1998 hatte der Blattlausbefall bei durchschnittlich 28 Läusen pro Pflanze Anfang Juni noch keine negativen Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum. Die Pflanzen waren zu diesem Zeitpunkt durchschnittlich 35 cm hoch und hatten einen EC-Wert von 39-65 ( $\bar{x}$  60,3; Beginn der Blüte). Dagegen kam es 1999 ebenfalls Anfang Juni schon ab einem durchschnittlichen Blattlausbefall von 2 Tieren pro Pflanze zu einer Wachstumshemmung, bei einer durchschnittlichen Pflanzenhöhe von 58 cm und einem EC-Wert von 33-65 ( $\bar{x}$  59,5; kurz vor Beginn der Blüte).

Der Grad der Schädigung der Pflanze durch Blattlausbefall scheint also weniger von der Anzahl der Blattläuse abzuhängen, als vielmehr von der Größe der Pflanze. Kleine Pflanzen mit starkem Blattlausbefall zeigten keine Beeinträchtigung ihres Wachstums, während größere Pflanzen mit nur geringem Befall in ihrem Wachstum zurückblieben. Kleine Pflanzen scheinen sich noch besser mit Nährstoffen versorgen zu können als die in ihrem Wachstum schon weiter fortgeschrittenen Pflanzen in gleichem Entwicklungsstadium, so dass der Assimilate-Entzug durch den Pflanzensaft saugenden Schädling Blattlaus nicht so schwer ins Gewicht fällt.

### **5.8.3 Blattlausübertragbare Pflanzenvirosen und Sekundärerkrankungen – Ertragsverlust**

Sowohl der Ackerbohnen- als auch der Lupinenbestand wurden 1998 massiv von zwei blattlausübertragbaren Viren befallen. 1999 traten, wie im Vorjahr, Ende Juli die ersten Virussympptome auf, die aber längst nicht das gleiche Ausmaß wie 1998 erreichten. Wie



mit Hilfe des ELISA-Tests ermittelt, handelte es sich dabei zum einen um die **Blattroll- oder Vergilbungskrankheit**, ausgelöst durch das persistent übertragbare Blattroll-Virus der Ackerbohne und Erbse, dem **Bean Leaf Roll Virus BLRV**. Das Virus verursacht Blattrollerkrankungen. Als Vektor tritt vor allem *Acyrtosiphon pisum* in Erscheinung (RODER 1990), die in allen Versuchsjahren zu den drei hauptsächlich siedelnden Arten auf Ackerbohne gehörte. Sie wurde bei der Sichtbonitur 1998 als subdominante bzw. 1999 als eudominante Art erfasst. Weitere Vektoren sind die nicht siedelnden Arten *Macrosiphum euphorbiae* (nur in Gelbschalen, 1998 subrezedent, 1999 subdominant) und *Myzus persicae* (1998 u. 1999 rezedent nur in Gelbschalen) (RODER 1990).

Die zweite aufgetretene Viruserkrankung war das **Gewöhnliche Ackerbohnen- und Erbsenmosaik**, das durch das **Bean Yellow Mosaik Virus BYMV** verursacht wird. Dieses Pflanzenvirus wird nichtpersistent vor allem durch die drei im Ackerbohnen-Bestand hauptsächlich siedelnden Arten, *Aphis fabae* (1998 u. 1999 bei Sichtbonitur eudominant), *Acyrtosiphon pisum* sowie *Megoura viciae* (Sichtbonitur 1998 rezedent, 1999 subdominant) und zusätzlich durch den nicht siedelnden sehr potenten Virusvektor *Myzus persicae* übertragen (RODER 1990). Die Krankheit zeigt sich bei Ackerbohne und Felderbse in einer Aufhellung der Blattadern und der Ausbildung weißlich- bis gelbgrüner Flecke, was den Blättern ein mosaikartiges Aussehen verleiht.

MOERICKE (1955) konnte in Farbwahlversuchen zeigen, dass Yellow-krankte gelbgrüne Rübenblätter einen besonders starken Farbreiz für landegestimmte geflügelte Blattläuse darstellen. Diese Landereizwirkung war zwar nicht so stark wie bei einer von den meisten Blattlausarten bevorzugten gelben Farbschale, aber die Farbe der kranken Blätter kam dem gelben Anstrich der Farbschale recht nahe und war somit wesentlich größer als der Farbreiz gesunder dunkelgrüner Rübenblätter. Vor allem die Blattlausarten *Aphis fabae* (auf Ackerbohne und Zuckerrübe siedelnd) und *Myzus persicae* (nicht siedelnd), die das Yellow-Virus übertragen, reagieren (wie die meisten, aber nicht alle Blattlausarten) sehr stark auf die gelbe Farbe. Man könnte somit vermuten, dass sie auch, wie von MOERICKE beschrieben, besonders stark Yellow-krankte Pflanzen anfliegen und somit noch zu einer verstärkten Ausbreitung des Virus beitragen. Wenn man dies in die Betrachtung der Virusproblematik einbezieht, wird die Dringlichkeit deutlich, diese Virusvektoren am Zuflug auf die Ackerbohnenfläche zu hindern. Vor allem, da es sich um ein nicht-persistent übertragbares Virus handelt und *Myzus persicae* als gefährlichster (potentester) Virusüberträger auch als nicht auf Ackerbohne siedelnde Art starken Anteil an der Ausbreitung der Krankheit hat. Auch die mit der Blattroll- oder Vergilbungskrankheit infizierten Pflanzen (BLRV) könnten beim Befallsflug ähnlich vor gesunden Pflanzen bevorzugt werden. Befallene Pflanzen zeigen Blattrollungen und Vergilbung. Das Gewöhnliche Ackerbohnen- und Erbsenmosaik (ausgelöst durch BYMV) war 1990 die in der DDR am häufigsten vorkommende Ackerbohnen- und Erbsenmosaik (RODER 1990). Die Mindererträge viruserkrankter Pflanzen betrugen danach 80 bis 90 %.

Die einzige Blattlausart, die neben den drei Hauptarten bei der Sichtbonitur nicht nur in Einzelexemplaren (1998: 13 Individuen, 2000: 6 Ind.) gefunden wurde, war *Brachycaudus helichrysi* (Kleine Pflaumenblattlaus). Diese siedelt nicht an Ackerbohne. Es wurden bei der Sichtbonitur 1998 und 2000 auch nur Geflügelte gefunden, keine Larven oder Aptere. Als Hauptwirt fungieren Pflaume und Schlehe, als Sommerwirte beispielsweise verschiedene Asteraceen wie Acker-Kratzdistel, Geruchlose Kamille oder Hundskamille u. a. Die Kleine Pflaumenblattlaus gilt als erfolgreicher Überträger des Y-Virus (RADTKE et al. 2000). 1998 trat *B. helichrysi* in Gelbfangschalen (als geflügelte Morphe) mit über 13 % neben den Hauptarten dominant auf. Welche Bedeutung *B. helichrysi* bei der Übertragung des Yellow-Virus gespielt hat, lässt sich nicht sagen, denn bei der Sichtbonitur wurden nur verhältnismäßig wenige Individuen gefunden. Die hohe Zahl in Gelbfangschalen muss nicht bedeuten, dass diese Tiere auch ohne Anlockwirkung der gelben Farbe im Bestand niedergegangen wären. Laut MÜLLER (1975) ist die Kleine Pflaumenblattlaus in Gelbfangschalen manchmal häufig anzutreffen.

Bei der **Lupine** löst das Bean yellow mosaic Virus das Krankheitsbild des Lupinenmosaiks aus (RODER 1990). Blüten und Hülsen werden, in Abhängigkeit vom Infektionstermin, nur vereinzelt gebildet, da der größte Teil bereits im jungen Stadium abfällt.

Wie im Kapitel über die optische Wirkung der Strohmulchschicht (Kap. 5.3.1) beschrieben, wurden beim Befallsflug in der „Strohmulch“-Variante deutlich weniger alate Virusvektoren in Gelbschalen gefangen. Dies wirkte sich auch positiv auf den **Anteil kranker Ackerbohnenpflanzen** und den **virusbedingten Ernteverlust** aus. Die „Strohmulch“-Variante wies 1998 den größten Anteil gesunder (mit 11 % mehr als doppelt so hoch wie in „konv“ mit 5 %) und den niedrigsten Anteil toter (mit 5,9 % dreimal niedriger als in „konv“ mit 18 %) und kranker Pflanzen auf. Insgesamt kam es in den Ackerbohnen 1998 zu einem Ertragsverlust von ca. 36 % (gegenüber Standardertrag). Dabei konnten deutliche Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden: In der „konventionellen“ Variante wurde 50 % Ernteausschlag ermittelt, im „Stroh“ war der Verlust mit 19,7 % am geringsten. „Senf“ nahm mit 30,7 % Ertragsverlust, wie auch beim Blattlausbefall, eine Mittelstellung ein, zeigte demnach auch eine optische Wirkung auf geflügelte Blattläuse im Befallsflug, wenn auch in geringerem Maße als die „Strohschicht“. Das mittlere Gesamterntegewicht war 1998 im „Stroh“ signifikant (Fisher's PLSD:  $<0,05$ ) höher als in „konventioneller“ Bodenbearbeitung und „Senf“. Die Variante mit Zwischenfrucht „Senf“ erbrachte ebenfalls ein höheres mittleres Gesamterntegewicht als die „konventionelle“ Variante. Der Unterschied war allerdings nicht signifikant. Der Ertrag, d. h. die Gesamtzahl an Hülsen pro Pflanze, war 1998 in den Mulchsaatvarianten, insbesondere im „Stroh“ (um 26 %, im „Senf“ um 21 %) höchst signifikant ( $<0,0001$ ) höher als in der „konventionellen“ Bearbeitung. 1999 war die Anzahl reifer Hülsen in den mit „Stroh“ gemulchten Parzellen signifikant ( $<0,05$ ) höher als in der „konventionellen“ Bearbeitungsvariante, im „Senf“ zwar höher als in „konv“, allerdings nicht signifikant. Der Anteil verkümmelter reifer Hülsen an der Gesamt-

Hülsenzahl war in beiden Mulchsaatvarianten geringer als in „konventioneller“ Bodenbearbeitung. Die Unterschiede waren zwischen „Senf“ und „konv“ nicht signifikant, zwischen „Stroh“ und „konv“ allerdings höchst signifikant ( $<0,0001$ ).

Der ELISA-Test vom 20.8.98, für den Pflanzen-Proben entlang eines Rasters in allen 3 Bodenbearbeitungsvarianten entnommen wurden, führte zu dem Ergebnis, dass in den Mulchsaatvarianten ein höherer Anteil virusbefallener Pflanzen gefunden wurde als in der „konventionell“ bearbeiteten Variante, und zwar bei beiden untersuchten Viren (BYMV und BLRV). Dies Ergebnis steht somit im Widerspruch zu den Ergebnissen der Bonitur des Ernteauffalls am 17.8.98, da hier der deutlich größte Ernteaufall mit 50 % in der „konventionellen“ Variante zu verzeichnen war. Im „Senf“ waren es 31 %, im „Stroh“ nur 20 % Ernteaufall. Der Befall mit potenziellen Virusvektoren vor allem bei der Erstbesiedlung des Bestandes in den „Strohmulch“-Parzellen war in den Mulchvarianten im Vergleich zur „konventionellen“ Bodenbearbeitung geringer und der Ertrag war höher. Somit hätte man auch beim Virusbefall eine ähnliche Verteilung erwartet, die jedoch entgegengesetzt ausgefallen ist. Allerdings kann die Aussage dieses ELISA-Tests am 20.8.98 nicht repräsentativ für den gesamten Zeitraum und auch nicht für die gesamte Ackerfläche stehen. Die Entnahme der Pflanzenproben im Freiland erfolgte entlang eines Rasters, das sich lediglich über 3 Parzellen erstreckte, die jeweils eine der 3 Varianten repräsentierte. Bei allen anderen Bonituren (Blattlausbefall, Ernteaufall, Ertrag) wurde die gesamte Ackerfläche erfasst. Eventuell wäre das Ergebnis in den anderen Parzellen ganz anders ausgefallen; man kann also als Methodenkritik anmerken, dass noch einmal Proben über die gesamte Fläche verteilt hätten entnommen werden sollen, um den Test aussagekräftiger zu machen. Andererseits kann man das Ergebnis auch dahingehend interpretieren, dass der Virusbefall 1998 in den Mulchsaatvarianten auch so spät einsetzte, dass keine bzw. nicht so starke negative Auswirkungen auf die Pflanzen erfolgten als dass sie sich negativ auf den Ernteertrag ausgewirkt hätten. Dies wäre eine Auswirkung der Verzögerung des Erstbefalls durch geflügelte Blattläuse infolge des verzögerten Pflanzenwachstums in der „Strohmulch“-Variante während der ersten Wochen und einer Verminderung des Befallsdruckes an Virusüberträgern in beiden Mulchsaatvarianten durch verändertes Siedlungsverhalten der Aphiden. Geringer Virusbefall kann sogar stimulierend auf das Pflanzenwachstum wirken (THIEME pers. Mitt.). Die Wuchshöhe der Kulturpflanzen war in den Mulchsaatvarianten durchweg größer als in der „konventionellen“ Bodenbearbeitung.

Die TuYV-Infektionswerte im **Winterraps** korrelierten mit der Anzahl aufgefundener Blattläuse, was auch bei einem persistent übertragbaren Virus zu erwarten ist. In der mit „Stroh“ gemulchten Variante wurden bis zu 80 % weniger alate Blattläuse als in „konventioneller“ Bodenbearbeitung gefunden und die Virusinfektionsrate war um bis zu 50 % verringert. 1999 und 2000 wurden im Frühjahr höhere Werte als im Herbst festgestellt. Beide Jahre waren durch einen milden Herbst und Winter geprägt, der eine lange Aktivitätszeit der Blattläuse zuließ. In allen 3 Versuchsjahren (1998: s. HEIMBACH & EGGERS 2002) wurde keine Beziehung zwischen Virusinfektion und Ertrag festgestellt,

obwohl teils deutlich unterschiedliche Infektionswerte zwischen den Varianten auftraten und andere Schadinsekten nicht erkennbar verschieden auftraten, als dass sie eventuell Ertragsunterschiede durch die Virusinfektion hätten kompensieren können. Eine Ertragsbeeinflussung des Rapses durch TuYV-Infektion, wie von GRAICHEN & SCHLIEPHAKE (1996) beschrieben, scheint daher nur in speziellen Situationen aufzutreten.

Bei der Bonitur des **Krankheitsgrades** der Ackerbohnenpflanzen im Juli 1998 in den 3 Varianten wurde eine Zuordnung von 100 Pflanzen pro Parzelle zu 5 **Krankheits-Kategorien** in %-Anteilen vorgenommen, um festzustellen, ob man bestimmte Symptome eindeutig einer bestimmten Virose zuordnen kann, ohne einen aufwendigeren ELISA-Test vorzunehmen. Die Kategorien waren: Blätter sind I mit Mosaikstruktur, II ledrig, III gelb, IV eingerollt, V annähernd gesund. Danach wurde mit Hilfe des ELISA-Testverfahrens die „Trefferquote“ kontrolliert. Es wurde eine Zuordnung von **BYMV** und **BLRV** zu verschiedenen **Schadbild-Typen** vorgenommen.

Die beiden häufigsten Schadbild-Typen, Blätter mit Mosaikstruktur (I) mit 31,8 % und Blätter eingerollt / gekräuselt (IV) mit 15,2 %, werden auch in der Literatur als Kennzeichen des BYMV beschrieben (RODER 1990). Die Vergilbung der Blätter wird in der Literatur nur der Blattroll- oder Vergilbungskrankheit (Erreger BLRV) zugeordnet. Diesem Schadbild-Typ (III) ließen sich auch die BLRV-positiven Proben mit 3 % bei insgesamt 3,8 % fast vollständig zuordnen. Allerdings ließ sich neben Pflanzen mit den „typischen“ Kennzeichen ein relativ hoher Prozentsatz Schadbild-Typen zuordnen, die nach RÖDER (1990) untypisch für die jeweilige Virose sind. Vor allem wurden immerhin 7,6 % der BYMV-positiven Proben bei der Sichtbonitur als von annähernd gesunden Pflanzen stammend eingestuft (V). Insgesamt verhielten sich also insgesamt 22 % der Proben „untypisch“, woraus folgt, dass man sich bei der Einschätzung der Erkrankung der Ackerbohnen-Pflanzen nicht allein auf sichtbare Merkmale verlassen kann, sondern für gesicherte Aussagen den ELISA-Test benötigt.

Sekundär traten im Juli 1998 noch verschiedene **Pilzkrankheiten** (Ackerbohnenrost, Schokoladenbräune, Brennfleckenkrankheit, Fusarien) im Ackerbohnen-Bestand auf. Dies wurde sicherlich durch die Schwächung der Pflanzen durch die Viren und ein sehr feuchtes Mikroklima im Bestand begünstigt (s. auch Kap. 4.4.1.4, Abb. 4.7.1). Rost wurde gegen Ende der jeweiligen Versuchsperiode auch 1997 und 1999 bonitiert, erreichte jedoch keine so starke Verbreitung, dass es zu Schäden am Pflanzenbestand kam. 1999 traten wie im Vorjahr Ende Juli die ersten Virussymptome auf, die aber längst nicht das gleiche Ausmaß erreichten. Es handelte sich dabei um die gleichen Erreger wie 1998.

Die in der **Lupinen**-Kultur festgestellten Virose (s.o.) wurden 1998 neben der Pilzkrankheit Anthraknose fast bedeutungslos, denn der Anthraknosebefall führte beinahe zu einem totalen Ernteverlust, wobei in der „Strohmulch“-Variante das höchste mittlere Gesamterntegewicht erreicht wurde. Die Unterschiede zwischen den Varianten waren jedoch nicht signifikant. Nachträgliche Tests ergaben, dass bereits das Saatgut mit dem Anthraknose-Erreger infiziert gewesen war.

## 5.9 Praktische Anwendung der Ergebnisse in der Landwirtschaft

Die vorgelegten Ergebnisse zeigen, dass Mulchsaat oder nachträgliches Mulchen eine reduzierende Wirkung auf die Blattlausdichte und die blattlausübertragbaren Virose hatten. Auch kam es zu einem positiven Effekt des Mulchens auf die Pflanzenentwicklung. Dadurch bedingt und durch die geringere Zahl von Virusvektoren bzw. Pflanzensaft saugenden Blattläusen in den Mulchvarianten war auch der Ernteertrag in den gemulchten im Vergleich zu den ungemulchten Parzellen höher. Diese Ergebnisse können einen Beitrag in Richtung auf eine Empfehlung des Anbaus von Zwischenfrüchten und Aufbringen einer dünnen Schicht Strohhäcksel nach der Aussaat der Kulturpflanzen liefern. Da das Material Stroh im Getreideanbau sowieso in größeren Mengen anfällt, muss es nicht wie synthetische Mulchmaterialien teuer erworben werden. Zudem bietet das natürliche Material Stroh den Vorteil der Umweltverträglichkeit, da es sich im Laufe der Vegetationsperiode zersetzt und auf diese Weise zur Bodendüngung beiträgt. Mit relativ geringem Aufwand - es stehen dafür verschiedene Maschinen zur Verfügung - kann ein großer wirtschaftlicher Vorteil gewonnen werden. Neben dem höheren Ertrag können durch die Strohschicht Insektizide eingespart werden, die zur Bekämpfung von Virusvektoren im konventionellen Anbau notwendig sind. Zudem lassen sich durch die fortschreitende Ausbildung von Resistenzen der Blattläuse gegenüber Pflanzenschutzmitteln nicht alle Arten erfolgreich bekämpfen. Die Bedeutung der vorliegenden Arbeit für Kulturen mit Lückenindikation ist hervorzuheben, da für diesen Kreis von Feldfrüchten keine zugelassenen Pflanzenschutzmittel auf dem Markt erhältlich sind und alternative Blattlausbekämpfungsmethoden gefunden werden müssen.

Insgesamt können die Maßnahmen zu einer Verringerung des Insektizideinsatzes führen. Dies führt zu einer Umweltentlastung durch einen verringerten Bedarf an Insektiziden bei der Bekämpfung von Blattläusen. Neben der Reduzierung des Aphidenbefalls in Kulturen mit Mulchsaatverfahren ist auch mit einer größeren Artenvielfalt und Individuenzahl bei Tieren, die nicht zu den Schädlingen zählen, zu rechnen. Unter dem Gesichtspunkt einer ökologisch wertvollen und nachhaltigen Landwirtschaft ist dies ebenfalls von Bedeutung.

## 5.10 Ausblick

Die möglichen Erklärungen für eine Reduzierung der Blattlauszahlen durch Mulchsaatverfahren waren z. B. verändertes Siedlungsverhalten der Blattläuse in den Mulchvarianten, bedingt durch a) optische Reize (THIEME et al. 1994) oder b) Mikroklima (THACKER et al. 1997), aber auch durch c) eine veränderte Nahrungsqualität (THIEME & HEIMBACH 1996). Auch könnten weniger Blattläuse durch d) eine Erhöhung an Antagonisten verursacht sein. Zu den Punkten a), b) und d) konnten in der vorliegenden

Untersuchung Aussagen gemacht und diese mit Daten belegt werden. Bei Punkt c), der veränderten Nahrungsqualität, besteht auf jeden Fall noch weiterer Forschungsbedarf.

Versuche an der Universität Rostock (NOZON 1990) haben gezeigt, dass verschiedene Blattlausarten oder auch Rassen (THIEME 1992) durch Einbringen von Enzymen in der Lage sind, direkt in den Stoffwechsel der Wirtspflanze einzugreifen (Blockierung der CO<sub>2</sub>-Fixierung im Calvinzyklus der Photosynthese) und die Aminosäuresequenz zu verändern. Dadurch können sie die Nahrungsressource im Wirkungsgrad für ihre Bedürfnisse so verbessern, dass artspezifische Ansprüche an die Konzentration und Zusammensetzung der Aminosäuren abgedeckt werden (Verschiebung des C/N-Verhältnisses zugunsten des Stickstoffs, der für die Blattläuse der limitierende Faktor ist; Kohlenstoff ist dagegen im Überfluss vorhanden und wird über den Honigtau ausgeschieden). Diese Fähigkeit ermöglicht einzelnen Arten eine Verdrängung konkurrierender Arten.

Zu welchem Anteil die Reduktion des Blattlausauftretens durch Mulchsaatverfahren mit dieser veränderten Leistungsfähigkeit der Photosynthese zu erklären ist, bleibt aber unklar. Der Grad der Verbesserung der besiedelten Pflanze zeigte sich bei NOZON (1990) jedoch hochgradig abhängig von der Leistungsfähigkeit des Photosynthesesystems. In Laborversuchen konnten diese Zusammenhänge mit Hilfe eines Puls-Amplituden-Modulation (PAM) Fluorometers nachgewiesen werden.

Ein wesentlicher Verteidigungsmechanismus der Pflanze gegen den Angriff der Blattläuse liegt in der Aufrechterhaltung der vollständigen Photosynthese. Je leichter die Blattläuse z. B. den Calvinzyklus der Photosynthese blockieren können, umso besser ist ihre Nahrung und entsprechend die Vermehrung. Ob und zu welchem Anteil die Reduktion des Blattlausauftretens durch Mulchsaatverfahren auf eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Photosynthese (und somit höheren Fitness) zurückzuführen ist, sollte unter Freilandbedingungen geprüft werden. Mit Hilfe des PAM kann die Leistung der Photosynthese der Pflanze erfasst werden. Dadurch könnte geklärt werden, welchen Einfluss die unterschiedlichen Anbauverfahren auf die Pflanze haben.

## 6 ABKÜRZUNGEN

AB	Ackerbohne
AL, al	Alatae = geflügelte Imagines,      alat = geflügelt
AP, apt	Apterae = ungeflügelte Imagines,      apter = ungeflügelt
BBA	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (seit 1.1.2008 Julius Kühn-Institut)
BBCH-Code	codiert die phänologischen Entwicklungsstadien von Pflanzen, unterteilt in Makrostadien wie Keimung, Sprossentwicklung usw. (vgl. BBCH-Skala)
BBCH-Skala	Die Kurzbezeichnung leitet sich ab von <b>B</b> iologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, <b>B</b> undessortenamt und <b>C</b> hemische Industrie und dient zur einheitlichen Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen (s. Anhang, Kap. 9.3.2).
BL-Bon	Blattlaus-Sichtbonitur
E	Erbse
EC-Wert	= Entwicklungsstadium-Code, wird hier als Synonym für BBCH-Code verwendet
EPPO-Code	Liste von 5-stelligen Codes der wissenschaftlichen Pflanzennamen, herausgegeben von der European and Mediterranean Plant Protection Organisation (EPPO)
gAS	Gramm aktive Substanz
konv	konventionell
L	Larve
L	Lupine
MK	Makrostadium (s. BBCH-Code, BBCH-Skala)
n.s.	nicht signifikant
SF	Saugfalle
TKG	Tausendkorngewicht





## 7 ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY

### Zusammenfassung der Untersuchungen in Ackerbohne und Lupine

In einem 4-jährigen Freilandversuch in einem Gebiet um Braunschweig (Nord-Deutschland) wurde in den Jahren 1997-2000 anhand der Modellarten Ackerbohne (*Vicia faba*) und Süßlupine (*Lupinus luteus*) untersucht, inwieweit sich

1. ein Direktsaatverfahren in eine abgefrorene Zwischenfrucht (Senf; *Sinapis alba*) und
2. die Ausbringung einer dünnen Strohauflage nach der Aussaat gegenüber einer
3. konventionellen Bodenbearbeitung mit Herbstfurche

auf Aphiden, und ihre natürlichen Gegenspieler auswirken. Dazu wurden die Beziehungen zwischen Blattläusen und ihren Wirtspflanzen (Besiedlungsverhalten), ihren Gegenspielern und dem Mikroklima analysiert.

Die Erhebung von Blattlausabundanzen und Antagonisten geschah mit verschiedenen Methoden wie direkten Zählungen an den Pflanzen sowie Analysen von Fangproben aus Gelbschalen, Klebefallen, stationären Saugfallen und Bodenphotoelektroden. Mit Mulchen konnte die Dichte von Aphiden reduziert und das Auftreten von Blattlaus-Antagonisten gefördert werden. Die Variante mit Strohauflage erwies sich in Bezug auf die Reduzierung des Blattlausbefalls und die Maximierung des Ernteertrages als die günstigste. Der Strohmulch zeigte seine Wirkung vornehmlich beim Erstbefall des Bestandes: Der Anflug von Aphiden in Gelbschalen wurde in den „Strohparzellen“ um bis zu 60 % gegenüber der „konventionellen“ Variante reduziert und entsprach einer maximalen Verringerung des Blattlausbefalls von 85 % in der „Besiedlungs-Phase“ der Blattläuse. Auch die Mulchsaatvariante mit Zwischenfrucht zeigte um bis zu 40 % reduzierte Blattlausdichten im Vergleich zu „konventionellem“ Anbau, wirkte allerdings besonders in der zweiten Jahreshälfte über die Antagonisten. Zum Höhepunkt der Blattlausbesiedlung trat eine Reduzierung der Aphidendichte um bis zu 95 % im Vergleich zum „konventionellen“ Anbau auf.

Der verminderte Aphidenbefall in der „Strohmulch“-Variante könnte darin begründet sein, dass die Saat dort etwas später aufstieg und in den ersten 3 Wochen gegenüber der „konventionellen“ Bodenbearbeitung optisch geringer hervortrat. Die leicht verzögerte Entwicklung der Kulturpflanzen wurde jedoch im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode rasch wieder aufgeholt und übertraf am Ende sogar die Wuchshöhe in der ungemulchten Variante. Neben einem veränderten Kontrast zwischen Pflanze und Boden könnte auch ein geringerer Grünanteil und ein höherer Gelbanteil des von den Strohparzellen reflektierten Lichts einen Einfluss auf die verminderte Erstbesiedlung, vor allem auf die zuerst aufgetretene Hauptart *Aphis fabae* haben.

Monophage Blattlausprädatoren werden durch das Mulchen gefördert, sind aber besonders von der Dichte der Blattläuse beeinflusst. Die polyphagen Nützlinge wurden vor

allem in den Beständen mit der Zwischenfrucht gefördert, denn hier ist die Mulchauflage gröber strukturiert. Durch das Fehlen der wendenden Bodenbearbeitung wird eine Schonung der überwinterten Stadien von Nützlingen erreicht. Nach diesen Ergebnissen sollte im Rahmen eines integrierten Pflanzenschutzes eine Verwendung von Mulch nicht nur für die untersuchten Fruchtarten mehr Beachtung finden.

Das Mulchen beeinflusste das Mikroklima im Bestand. Der „Strohmulch“ wirkte temperatúrausgleichend und feuchtigkeitskonservierend und zeigte seine Wirkung besonders bei hohen Temperaturen und geringer Luftfeuchte. Die höhere Bodenfeuchte in „Stroh“-Parzellen wirkte sich auch positiv auf das Wachstum und den Ertrag der Kulturpflanzen aus. Die Zwischenfrucht „Senf“ stellte sich, was das Temperatur- und Feuchtigkeitsregime angeht, noch schlechter dar als eine „konventionell“ bearbeitete Fläche und zeigte nur bei kühlem Wetter ansatzweise die klimaausgleichende Wirkung des „Strohmulchs“. Die Zwischenfrucht hatte allerdings andere, vom Mikroklima unabhängige Vorteile, wie z. B. Winterunterschlupf für Nützlinge, Erosionsschutz und Bodenverbesserung (Nährstoffe, Bodengefüge). So waren auch in der „Senf“-Variante Pflanzenwachstum und Ertrag gegenüber „konventionellem“ Anbau erhöht.

#### Zusammenfassung der Untersuchungen in Winterraps

Im Herbst wird der Winterraps vor allem durch *Myzus persicae* und *Brevicoryne brassicae* besiedelt, die das Wasserrübenvergilbungsvirus (TuYV) übertragen, das zur Ertragsminderung im Raps führen kann. In einem dreijährigen Feldversuch 1998-2000 sollten Möglichkeiten der Verminderung der Blattlausdichten und einer damit einhergehenden Virusinfektion durch Ausbringen einer dünnen Strohschicht im Vergleich zum Einsatz verschiedener Insektizide gefunden werden (teilweise veröffentlicht in HEIMBACH & EGGERS 2002). In der vorliegenden Arbeit werden Teile davon vorgestellt. Das Aufbringen einer Strohmulch-Schicht nach der Aussaat zeigte sich dabei etwas wirksamer als das wirksamste Insektizid im Test, 'PONCHO' (β-Cyfluthrin + Imidacloprid). Als Ursache für die geringeren Blattlauszahlen in gemulchten Parzellen wurde ein verändertes Besiedlungsverhalten der geflügelten Blattläuse gefunden, das sich in geringeren Dichten alater Läuse bei der Sichtbonitur und auch geringerer Fangzahlen Alater in Klebefallen zeigte. Die Virusinfektionsrate korrelierte mit der Anzahl der Blattläuse im Bestand. Der Virusbefall mit TuYV hatte aber in keinem der 3 Jahre einen Einfluss auf den Ertrag, obwohl eine deutlich unterschiedliche Infektionsrate in den Prüfvarianten vorlag.

In Großparzellen (ca. 1000 m<sup>2</sup> je Parzelle) wurden Nachbarschaftseffekte untersucht. Bei Nachbarschaft zu Flächen, in denen keine Blattlausreduktion auftrat, zeigten sich verringerte Wirksamkeiten bis mehrere Meter weit in die „Strohmulch“- und 'PONCHO'-Parzellen hinein, in deren Zentrum es durchaus zu wirksamer Reduktion der Blattlausdichten kam. So lag z. B. die Virusinfektionsrate in den 'PONCHO'-Parzellen nur wenige Meter von unbehandelten Parzellen entfernt bei etwa 80 %, bei mehr als 20 m von solchen Parzellen entfernt lag sie dagegen nur noch bei etwa 40 %.

## SUMMARY

Aphids may cause severe damages in crops, either directly by sucking the sap of the plants (phloem) or because they provide the substrate for black coloured fungi in form of the honeydew which they produce. Especially the transfer of viral diseases through aphids is of great importance to many crops, where even small numbers of aphid infestations may cause severe damage. For growing many agricultural crops it is therefore necessary to reduce the impact of aphids and to find alternative methods of control especially for ecologically sustainable farming and for crops without approved pesticides. Furthermore, the increasing levels of resistance of many aphid species against pesticides has become a growing problem.

During 1997 and 2000 several field experiments near Braunschweig (northern Germany) in broad bean, lupin and oil seed rape were carried out to analyze the influence of mulching on aphid population in summer and autumn. Additionally, the virus infection with BLRV and BYMV in broad bean as well as TuYV in oil seed rape were analysed. Plots with cereal straw mulch distributed by hand or in the case of broad bean and lupin also with direct drilling into mustard (*Sinapis alba* L.) as a catch crop were compared with unmulched plots. In straw mulched plots both, total aphid numbers - especially in the first weeks of crop development and numbers of alate aphids caught in sticky nets exposed closely above the crop canopy were reduced. Also numbers of alate aphids flying into the plot estimated with yellow Moericke traps were reduced up to 60 % in mulched plots. These reductions corresponded with a reduction up to 85 % in the initial phase of alate settlement in aphids. The reason for the reduced numbers of aphids in plots mulched with straw seems to be an altered settling behaviour perhaps due to the modified contrast between plant and ground or the yellow colour of the straw. Also the plants in the straw mulched plots showed a delayed growth during the first three weeks which could have an optical effect. Mulching with a catch crop also reduced aphid numbers; in this case reduction was up to 95 %. The effect is attributed to large numbers of beneficial arthropods in this tillage system. The plants in mulched plots grow bigger and the yield was higher. The loss of yield due to virus infection with BLRV and BYMV was smaller in mulched plots especially when comparing straw mulched plots to unmulched plots.

In oil seed rape the straw mulch reduced the number of aphids a slightly more than the most effective insecticide in test 'PONCHO' ( $\beta$ -Cyfluthrin + Imidacloprid). The degree of virus infection of TuY-virus in rape was significantly lower in mulched plots.

In one year aphid and TuYV infection in rape were analysed in small plots (approx. 50 m<sup>2</sup> per plot) parallel to larger plots (approx. 1000 m<sup>2</sup> per plot). Edge effects were also observed: unmulched areas neighbouring the experimental area influence the degree of virus infection in plots mulched with straw and in 'PONCHO' treated plots for several meters. Thus virus infection rates in e.g. 'PONCHO' treated plots adjacent to untreated areas were about 80 % whereas they were only about 40 % at 20 m distance.

Mulching also had a climatic effect. Straw mulch showed a compensatory effect on temperature and preserved the humidity, this could be especially shown at high temperatures and low air humidity. The high humidity of the soil in the plots mulched with straw had also a positive effect on the growth of plants and yield. The tillage system with mustard as catch crop showed only under cool weather conditions roughly the same compensatory effect on climate as the plots with straw mulch. But in most cases the temperature and humidity regimes were even worse than in the conventional tillage system. The catch crop indeed had other advantages independent from the microclimate such as hiding places for hibernation of beneficial arthropods, erosion control and enhancement of soil. So also the growth of plants and the yield were higher in the catch crop than in the conventional system.

## 8 DANKSAGUNG

Prof. Dr. Otto Larink danke ich für die Übernahme der „Vaterschaft“ dieser Dissertation und seine Geduld bei der Fertigstellung meiner Arbeit. Er ließ mir die nötigen Freiräume, stand aber auch jederzeit als Diskussionspartner zur Verfügung und gab mir hilfreiche Anregungen.

Dank gilt auch Dr. Udo Heimbach, in dessen Labor im Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Braunschweig der praktische Teil dieser Arbeit durchgeführt wurde. Herr Heimbach nahm mich seit einem Praktikum vor Aufnahme meines Biologiestudiums in seinem Labor unter seine wissenschaftlichen Fittiche und führte mich an die Thematik der Agrarökologie heran. Seine stete Diskussionsbereitschaft und praktische Unterstützung hat maßgeblich zur Entstehung der vorliegenden Dissertation beigetragen.

Technische Unterstützung und unermüdliche Hilfe bei den Feldbonituren, den Blattlauszuchten und dem Aussortieren und Bestimmen der gewonnenen Proben erhielt ich von Renate Ionascu, Ulrike Busch, Karina Lamik, Elke Rafiroiu, Ralf Heinke und Helene Nuss. Außerdem danke ich der Laborbesetzung von Dr. Udo Heimbach für die freundschaftliche Aufnahme in ihr Team.

Dr. Thomas Thieme vom Biotest Labor Sagerheide bin ich sehr dankbar für die Einarbeitung in die Blattlausbestimmung und Nachbestimmung meiner zahlreichen Tiere, die mir dennoch ihre Artzugehörigkeit nicht offenbaren wollten. Außerdem stand er mir als wertvoller Diskussionspartner zur Verfügung. Dr. Sabine Prescher danke ich für die Bestimmung der Syrphiden und Michael Heinze für die Bestimmung der Staphyliniden bis auf Artniveau. Mein Projektpartner Ralf Sommer hat mir freundlicherweise seine Carabiden-Artenlisten zur Verfügung gestellt.

Sunita Zahirović, deren Diplomarbeit über die Spinnenzönose im Rahmen „unseres“ Projektes ich mit betreut habe, danke ich dafür, dass sie mir Teile ihrer Arbeit zur Verfügung gestellt hat.

Der Besetzung des Versuchsfeldes der BBA in Sickte, insbesondere Herrn Mesecke, Herrn Baar sowie Herrn Riedel, gilt mein Dank für die technische Unterstützung bei der Anlage und Unterhaltung der Versuchsflächen und der steten Bereitschaft, die theoretisch erdachten Fragestellungen praktisch umzusetzen. Ebenso möchte ich mich an dieser Stelle bei Peter Schmidt in der Werkstatt der BBA für die freudige und ideenreiche Unterstützung bei „Bastelarbeiten“ an Fangrahmen und ähnlichem bedanken.

Prof. Dr. Miguel Vences danke ich für die Übernahme des Koreferates und für die freundliche Aufnahme in seinem Institut. Er gab mir nach der Auflösung der Bodenzöologie in seiner neu gegründeten Evolutionsbiologie ein „neues Zuhause“. Dort hatte ich nie das Gefühl, eine „Altlast“ zu sein, sondern ein fast vollwertiges Mitglied seiner international besetzten Arbeitsgruppe, die ich als „alte Häsin“ in Braunschweig und

an der TU zwischen lauter Fröschen um den entomologischen Part bereichern konnte. Ich habe mich im Kreise von Meike, Gaby, Eva, Susanne, Olga, Axel, Katharina, Eric, Ismail, Angelica, Roger und Parfait sehr wohl gefühlt. Dank auch an meine „alten“ Kolleginnen, Meike und Claudia, die in der Umbruchphase der Spielmannstraße wertvolle Ansprechpartner waren.

Für die Durchsicht des Manuskripts sowie kritische Kommentare zu dieser Arbeit danke ich meinem Doktorvater Otto Larink, Dr. Udo Heimbach, Dr. Miguel Vences, Heike Kramer, Dr. Klaus Guido Leipelt und meinem Schwiegervater Dr. Thomas Eggers. Dr. Susanne Hauswaldt hat dankenswerterweise meine Summary „geschliffen“.

Bei der statistischen Auswertung, insbesondere des „Klimakapitels“, bin ich Dr. Frank Suhling für hilfreiche Ideen und kompetente Beratung sehr zu Dank verpflichtet, ebenso Dr. Dagmar Söndgerath, beide Institut für Geoökologie der TU Braunschweig, Abteilung Umweltsystemanalyse.

In der Abteilung Umweltsystemanalyse im oben genannten Institut unter Leitung von Prof. Dr. Otto Richter fand ich in der Umbauphase der Spielmannstraße 8 dankenswerterweise freundliche Aufnahme, einen Arbeitsplatz und gesellige Mensagänge.

Nicht zuletzt gilt mein besonderer Dank meiner Familie. Meinen Kindern Thomas Niels und Annika, die oft auf ihre Mama verzichten mussten und vor allem in der Schlussphase den Tag der Abgabe herbeisehnten, wenn wieder „Normalität“ einkehren würde. Ebenso meinem Mann Thomas, der mich tatkräftig unterstützt und wo immer es ihm möglich war von täglichen Pflichten entlastet hat. Ebenso möchte ich ihm für seine Geduld und notgedrungene Einarbeitung in die Blattlausproblematik danken. Meine Mutter und meine Schwiegereltern waren eine unschätzbare Hilfe bei der Logistik einer Promotion mit Kindern und ein steter Stachel, der zum Durchhalten bis zur Abgabe getrieben hat.

## 9 LITERATURVERZEICHNIS

- ADLERZ, W.C. & P.H. EVERETT (1968): Aluminium foil and white polyethylene mulches to repel aphids and control watermelon mosaic. – *Journal of Economic Entomology* **61** (5), 1276-1279.
- ALDERWEIRELDT, M. (1994): Prey selection and prey capture strategies of linyphiid spiders in high-input agricultural fields. – *Bulletin / British Arachnological Society* **9** (9), 300-308.
- ALDERWEIRELDT, M. & K. DESENDER (1990): Microhabitat preference of spiders (Araneae) and carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) in maize fields. – *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Universiteit Gent* **55** (2b), 501-510.
- ANDOW, D.A., NICHOLSON, A.G., WIEN, H.C. & H.R. WILSON (1986): Insect populations on cabbage grown with living mulches. – *Environmental Entomology* **15**, 293-299.
- ANTIGNUS, Y. (2000): Manipulation of wavelength-dependent behaviour of insects: an IPM tool to impede insects and restrict epidemics of insect-borne viruses. – *Virus Research* **71**, 213-220.
- ARMSTRONG, R. & A. HILTON (2004): The use of Analysis of Variance (ANOVA) in applied microbiology. *Microbiologist*, Dec. 2004, URL: <http://www.blackwellpublishing.com/Microbiology/pdfs/anova.pdf> [Stand Januar 2008].
- BAEUMER, K. (1994): Grundlagen der Integration einschließlich Planungs- und Entscheidungskriterien für den Praktiker – Verfahren und Wirkungen der Bodenbearbeitung. In: DIERKS, R. & R. HEITEFUSS (Hrsg.): *Integrierter Landbau: Systeme umweltbewusster Pflanzenproduktion – Grundlagen, Praxiserfahrungen, Entwicklungen*. BLV Verlagsgesellschaft, München, 68-87.
- BAEUMER, K. (1997): Möglichkeiten und Grenzen der Gestaltung von Bodennutzungssystemen im Hinblick auf die vermehrte Nutzung von Selbstregulationsmechanismen im Agrarökosystem. – *Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft* **209**, Sonderheft 7: 102-122.
- BBA (BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT) (2001): Entwicklungsstadien mono- und dikotyle Pflanzen. BBCH-Monographie, 2. Aufl. - Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Zusammenarbeit mit dem Bundessortenamt und dem Industrieverband Agrar, Berlin, Braunschweig, 165 S.
- BECHER, R. & D. BRANDES (1985): Vergleichende Untersuchungen an städtischen und stadtnahen Gehölzbeständen am Beispiel von Braunschweig. – *Braunschweiger Naturkundliche Schriften* **2** (2), 309-339.
- BLACKMAN, R.L. & V.F. EASTOP (1984): *Aphids on the World's Crops: An Identification Guide*. – Chichester: John Wiley & Sons, 466 S.
- BLACKMAN, R.L. & V.F. EASTOP (1994): *Aphids on the World's Trees – An Identification and Information Guide*. – CAB International, Wallingford, UK, in association with The Natural History Museum, University Press, Cambridge, 987 S.
- BLACKMAN, R.L. & V.F. EASTOP (2000): *Aphids on the World's Crops: An Identification and Information Guide*. – Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, Second Edition, 466 S.
- BLUMBERG, A.Y. & D.A. CROSSLEY (1983): Comparison of soil surface arthropod populations in conventional tillage, no-tillage and old field systems. – *Agro-Ecosystems* **8**, 247-253.
- BOTTENBERG, H. & M.E. IRWIN (1992a): Canopy structure in soybean monocultures and soybean-sorghum mixtures: impact on aphid (Homoptera: Aphididae) landing rates. – *Environmental Entomology* **21**, 542-548.
- BOTTENBERG, H. & M.E. IRWIN (1992b): Flight and landing activity of *Rhopalosiphum maidis* (Homoptera: Aphididae) in bean monocultures and bean-corn mixtures. – *Journal of Entomological Science* **27**, 143-153.
- BÖRNER, C. (1952): *Europae Centralis Aphides. Die Blattläuse Mitteleuropas, Namen, Synonyme, Wirtspflanzen, Generationszyklen*. – *Mitteilungen der Thüringischen Botanischen Gesellschaft* **Beiheft 3**, 1-488.
- BROADBENT, L. (1949): Factors affecting the activity of alatae of the aphids *Myzus persicae* (Sulzer) and *Brevicoryne brassicae* (L.). – *Annals of Applied Biology* **36**, 40-62.
- BROHMER, P. (1988): *Fauna von Deutschland*. 17. Auflage. – Heidelberg: Quelle & Meyer, 586 S.

- BROWN, J.E., DANGLER, J.M., WOODS, F.M., TILT, K.M., HENSHAW, M.D., GRIFFEY, W.A. & M.S. WEST (1993): Delay in mosaic virus onset and aphid vector reduction in summer squash grown on reflective mulches. – *Horticultural Science* **28**, 895-896.
- BRUNOTTE, J., GERSCHAU, M.-B., JOSCHKO, M., KNÜSTING, E. & C. SOMMER (1992): Zum Einfluß von Mulchsaat zu Zuckerrüben auf den Regenwurmbestand. – *Zuckerrübe* **41**, 116-119.
- BRUST, G.E. (1991): Soil moisture, no-tillage and predator effects on southern corn rootworm survival in peanut agroecosystems. – *Entomologia Experimentalis et Applicata* **58**, 109-121.
- BRUST, G.E. (1994): Natural enemies in straw-mulch reduce Colorado potato beetle populations and damage in potato. – *Biological Control* **4**, 163-169.
- BRUST, G.E. & G.J. HOUSE (1990): Effects of soil moisture, no-tillage and predators on southern corn rootworm (*Diabrotica undecimpunctata howardi*) survival in corn agroecosystems. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* **31**, 199-216.
- BURGESS, S.A., WARRINGTON, S. & L. ALLEN-WILLIAMS (1996): Cabbage Aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) 'performance' on oilseed rape (*Brassica napus* L.) experiencing water deficits: roles of temperature and food quality. – *Acta Horticulturae* **407**, 499-506.
- BURROWS, P.M., BARNETT, O.W. & M.T. ZIMMERMAN (1983): Color attraction and perception in *Macrosiphon euphorbiae*. – *Canadian Journal of Zoology* **61**, 202-210.
- BURTON, R.L. & E.G. KRENZER (1985): Reduction of greenbug (Homoptera: Aphididae) populations by surface residues in wheat tillage studies. – *Journal of Economic Entomology* **78**, 390-394.
- BURTON, R.L., JONES, O.R., BURD, J.D., WICKS, G.A. & E.G. KRENZER (1987): Damage by greenbug (Homoptera: Aphididae) to grain sorghum as affected by tillage, surface residues, and canopy. – *Journal of Economic Entomology* **80**, 792-798.
- BWYE, A.M., Proudlove, W., Berlandier, F.A. & R.A.C. Jones (1997): Effects of applying insecticides to control aphid vectors and cucumber mosaic virus in narrow leafed lupins (*Lupinus angustifolius*). – *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **37**, 93-102.
- CAMPBELL, C.A.M. (1991): Response of *Phorodon humuli* to yellow and green hop foliar colours. – *Entomologia Experimentalis et Applicata* **60**, 95-99.
- CARLSON, E. (1960): Effects of the green peach and bean aphids on table beet seed plants. – *California Agriculture* **10**, 11-12.
- CARTWRIGHT, B., ROBERTS, B.W., HARTZ, T.K. & J.V. EDELSON (1990): Effects of mulches on the population increase of *Myzus persicae* (Sulzer) on bell peppers. – *Southwestern Entomologist* **15**, 475-479.
- CASPER, R. (1977): Detection of potato leafroll virus in potato and in *Physalis floridana* by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). – *Phytopathologische Zeitschrift* **90**, 364-368.
- CLARK, M.F. & A.N. ADAMS (1977): Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. – *Journal of General Virology* **34**, 475-483.
- CLARK, M.F., ADAMS, A.N. & D.J. BARBARA (1976): The detection of plant viruses by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). – *Acta Horticulturae* **67**, 43-49.
- CLARK, M.S., LUNA, J.M., STONE, N.D. & R.R. YOUNGMAN (1993): Habitat preferences of generalist predators in reduced-tillage corn. – *Journal of Entomological Science* **28**, 404-416.
- COCKBAIN, A.J. & C.L. COSTA (1973): Comparative transmission of bean leaf roll and pea enation mosaic viruses by aphids. – *Annals of Applied Biology* **73**, 167-176.
- COON, B.F. (1959): Aphid populations on oats grown in various nutrient solutions. – *Journal of Economic Entomology* **52**, 624-626.
- COSTELLO, M.J. (1995): Spectral reflectance from a broccoli crop with vegetation or soil as background: influence on immigration by *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae*. – *Entomologia Experimentalis et Applicata* **75**, 109-118.
- COX, D., DEVONSHIRE, A., DENHOLM, I. & S. FOSTER (2004): Monitoring of insecticide resistance in *Myzus persicae* from Greece. – In: Simon, J.-C., Dedryver, C.-A., Rispe, C. & M. Hullé (Hrsg.): *Aphids in a New Millennium*. – Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Paris, 275-280.
- CRANSHAW, W.S. & E.B. RADCLIFFE (1980): Effect of reflective mulch on potato insect populations. – *Proceedings of Annual Potato Research Plan. Rep. Conference*, 134-136.



- DANIELS, N.E. (1957): Greenbug populations and their damage to winter wheat as affected by fertilizer applications. – Journal of Economic Entomology **50**, 793-794.
- DAVIES, W.M. (1935): Studies on aphides infesting potato crop. III. Effect of variation in relative humidity on the flight of *Myzus persicae* Sulz. – Annals of Applied Biology, **22**, 549-556.
- DE KEER, R. & MAELFAIT, J.-P. (1988): Laboratory observations on the development and reproduction of *Erigone atra* Blackwall, 1833 (Araneae, Linyphiidae). – Bulletin of the British Arachnological Society **7** (8): 237-242.
- DE VRIES, O. (1949): Remarks on some aspects of the soil fertility problem in the tropics. – Commonwealth Bureau of Soil Science Technical Communication **46**, 157-160.
- DESHEVYKH (1941): Pedology **6**, 49-58. Zitiert in JACKS et al. (1955).
- DÖRING, T.F. (2005): Straw mulch in organically grown potatoes: evaluation and optimisation for virus vector control. – Dissertation, Universität Kassel, 139 S.
- DÖRING, T.F., HEIMBACH, U., THIEME, T., FINCKH, M.R., & H. SAUCKE (2006): Aspects of straw mulching in organic potatoes - I. Effects on microclimate, *Phytophthora infestans*, and *Rhizoctonia solani*. – Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **58**, 73-78.
- DÖRING, T.F., KIRCHNER, S.M., S. KÜHNE & H. SAUCKE (2004): Response of alate aphids to green targets on coloured backgrounds – Entomologia Experimentalis et Applicata **113**, 53-61.
- DUBNIK, H. (1991): Blattläuse - Artenbestimmung, Biologie, Bekämpfung. – Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen, 120 S.
- EASTOP, V.F. (1951): Diurnal variation in the aerial density of Aphididae. – Proceedings of the Royal Entomological Society London A, **26**, 129-134.
- EASTOP, V.F. (1955): Selection of aphid species by different kinds of insect trap. – Nature **176**, 936.
- EHRHARDT, P. (1963): Untersuchungen über Bau und Funktion des Verdauungstraktes von Megoura viciae Bckt. (Aphididae, Homoptera) unter besonderer Berücksichtigung der Nahrungsaufnahme und der Honigtaubgabe. – Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere **52**: 597-677.
- EHRHARDT, P. & SCHMUTTERER, H. (1964): Untersuchungen über die Beziehungen zwischen dem Enationenvirus der Erbse und seinen Vektoren. I. Übertragungsversuche mit verschiedenen, an viruskranken Pflanzen aufgewachsenen Blattlausarten. – Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **71**, 381-394.
- ELLIS, S.A., OAKLEY, J.N., PARKER, W.E. & K. RAW (1999): The development of an action threshold for cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) in oilseed rape in the UK. – Annals of Applied Biology **134**, 153-162.
- ENGELMANN, H.-D. (1978): Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. – Pedobiologia **18**, 378-380.
- ENGVAL, E & P. PERLMANN (1971): Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Quantitative assay of immunoglobulin G. – Immunochemistry **8**, 871-874.
- FENNER, S. (1995): Wirkung und Nachhaltigkeit mechanischer Lockerung von Krumenbasisverdichtungen unter Wendepflug- und Mulchwirtschaft. – Dissertation, Universität Göttingen, 179 S.
- FRENCH-CONSTANT, R.H., HARRINGTON, R. & A.L. DEVONSHIRE (1988): Effect of repeated applications of insecticides to potatoes on numbers of *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) and on the frequencies of insecticide-resistant variants. – Crop Protection **7**, 55-61.
- FINCH, S. & G.H. EDMONDS (1994): Undersowing cabbage crops with clover – the effects on pest insects, ground beetles and crop yield. – IOBC/WPRS Bulletin **17** (8), 159-167.
- FRIEBE, B. & W. HENKE (1991): Bodentiere und deren Strohabbauleistung bei reduzierter Bodenbearbeitung. – Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung **32**, 121-126.
- GARBE, V. (1987): Verunkrautung und Auftreten von Schädlingen bei unterschiedlichen Systemen der Bodenbearbeitung in Zuckerrüben. – Dissertation Universität Göttingen, 108 S.
- GARBE, V. & U. HEIMBACH (1992): Mulchsaat zu Zuckerrüben. – Zuckerrübe **41**, 230-234.
- GEORGE, W.L. & J.B. KRING (1971): Virus protection of late-season summer squash with aluminium mulch. – Connecticut Agricultural Experimental Station Circular **239**, 8.
- GIBSON, R.W. & A.D. RICE (1989): Modifying aphid behaviour. In: Minks, A.K. & P. Harrewijn (Hrsg.): Aphids – Their Biology, Natural Enemies and Control, Vol. C. – Amsterdam: Elsevier, 209-224.

- GRAICHEN, K. & E. SCHLIEPHAKE (1996):** Auftreten, Symptome und Vektoren des Wasserrübenvergilbungsvirus (Syn. Westliches Rübenvergilbungsvirus) am Winterraps. – Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **48**, 186-191.
- GRUPPE, A. & P. ROEMER (1988):** The Lupin Aphid (*Macrosiphum albifrons* Essig, 1911) (Hom., Aphididae) in West Germany: its occurrence, host plants and natural enemies. – Journal of Applied Entomology **106**, 135-143.
- HAINE, E. (1956):** Häutung, Abflug und Landung der Blattläuse in Wechselwirkung auf die Blattlauszahlen in der Luft. – Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Berlin) **85**, 23-27.
- HAMMAN, P.J. (1985):** Aphids on trees and shrubs. L-1227. - Texas Agricultural Extension Service, House and Landscape Pests. College Station 2, Texas.
- HANISCH, H.C. (1980):** Untersuchungen zum Einfluss unterschiedlich hoher Stickstoffdüngung zu Weizen auf die Populationsentwicklung von Getreideblattläusen. – Journal of Plant Diseases and Protection **87**, 546-556.
- HARDIE, J. (1989):** Spectral specificity for targeted flight in the black bean aphid, *Aphis fabae*. – Journal of Insect Physiology **35**, 619-626.
- HARREWIJN, P. (1976):** Host-plant factors regulating wing production in *Myzus persicae*. – Symposia biologica Hungarica **16**, 79-83.
- HEIE, O.E. (1980):** Fauna Entomologica Scandinavica, Vol. 9. Klampenborg, Denmark: Scandinavian Science Press, 236 S.
- HEIE, O.E. (1982):** Fauna Entomologica Scandinavica, Vol. 11. – Klampenborg, Denmark: Scandinavian Science Press, 176 S.
- HEIE, O.E. (1986):** Fauna Entomologica Scandinavica, Vol. 17. – Leiden, Copenhagen: E.J. Brill, Scandinavian Science Press, 314 S.
- HEIE, O.E. (1992):** Fauna Entomologica Scandinavica, Vol. 25. – Leiden, New York, Köln: E.J. Brill, Scandinavian Science Press, 189 S.
- HEIE, O.E. (1994):** Fauna Entomologica Scandinavica, Vol. 28. – Leiden, New York, Köln: E.J. Brill., Scandinavian Science Press, 239 S.
- HEIE, O.E. (1995):** Fauna Entomologica Scandinavica, Vol. 31. – Leiden, New York, Köln: E.J. Brill., Scandinavian Science Press, 217 S.
- HEIMBACH, U. (2007):** Besser zu früh als zu spät – Resistenz von Kartoffelschädlingen gegen neonicotinoide Wirkstoffe verhindern. – <http://idw-online.de/pages/de/news240122>.
- HEIMBACH, U. & C. EGGERS (2002):** Möglichkeiten zur Reduzierung der Blattlauszahlen und des Virusbefalls im Raps im Herbst. – Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Berlin) **388**, 67-75.
- HEIMBACH, U. & V. GARBE (1996):** Effects of reduced tillage systems in sugar beet on predatory and pest arthropods. – Acta Jutlandica **71**, 195-208.
- HEIMBACH, U., EGGERS, C. & T. THIEME (2000):** Wirkung von Strohmulch auf Blattläuse und Virusbefall in Raps und Kartoffeln. – Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Berlin) **376**, 198.
- HEIMBACH, U., EGGERS, C. & T. THIEME (2001):** Optische Beeinflussung von Blattläusen durch Strohmulch. – Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie **13**, 289-292.
- HEIMBACH, U., EGGERS, C. & T. THIEME (2002):** Weniger Blattläuse durch Mulchen. – Gesunde Pflanzen **54**, 119-125.
- HEIMBACH, U., EGGERS C. & T. THIEME (2004):** Effect of mulch on aphid populations and virus transmissions in some arable crops. – In: Simon, J.-C., Dedryver, C.-A., Rispe, C. & M. Hullé (Hrsg.): Aphids in a new millenium. – Proceedings of the 6th International Symposium on Aphids. - Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Paris, 307-312.
- HEIMBACH, U., KNOLLE, B., SOKOLOWSKI, A. & V. GARBE (1997):** Einfluss von Direkt-/Mulchverfahren auf räuberische Arthropoden in und auf dem Boden. – Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Berlin) **232**, 145-154.

- HEIMBACH, U., THIEME, T., WEIDEMANN, H.L. & R. THIEME (1998): Transmission of potato virus Y by aphid species which do not colonise potatoes. – In: Dixon, A.F.G. (Hrsg.): Aphids in Natural and Managed Ecosystems, Universidad de León, Secretario de Publicaciones, 555-559.
- HEINZE, K. (1959): Über das Verhalten unbeständiger phytopathogener Viren bei der Übertragung durch Blattläuse. – Phytopathologische Zeitschrift **36**, 131-145.
- HEINZE, M., EGGERS, C. & U. HEIMBACH (2001a): Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Mulchsaatsysteme auf Staphyliniden in Ackerbohnen-Beständen. – Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie **13**, 257-260.
- HEINZE, M., SOMMER, R., LARINK, O., KULA, C. & U. HEIMBACH (2001b): Minicontainer im Pflanzenschutzmitteltest, Streuabbau und Collembolenbesiedlung. – Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft **95**, 63-66.
- HELENIUS, J. & T. TOLONEN (1994): Enhancement of generalist aphid predators in cereals: Effect of green manuring on recruitment of ground beetles (*Col.*, *Carabidae*). – IOBC/WPRS Bulletin **17/4**, 201-210.
- HILTON, A. & R. ARMSTRONG (2006): Stat Note 6 – post hoc ANOVA tests. Microbiologist, Sept. 2006, URL: [http://www.blackwellpublishing.com/microbiology/pdfs/statnote\\_6.pdf](http://www.blackwellpublishing.com/microbiology/pdfs/statnote_6.pdf) [Stand Januar 2008].
- HOFFMANN, G.M., NIENHAUS, F., SCHÖNBECK, F., WELTZIEN, H.C & H. WILBERT (1985): Lehrbuch der Phytomedizin. – Berlin und Hamburg: Verlag Paul Parey, 2. Auflage, 488 S.
- HONEK, A. (1991): Environment stress, plant quality and abundance of cereal aphids on winter wheat. – Annals of Applied Entomology **112**, 65-70.
- HORN, D.J. (1981): Effect of weedy backgrounds on colonization of collards by green peach aphid, *Myzus persicae*, and its major predators. – Environmental Entomology **10**, 285-289.
- HOUSE, G.J. (1989a): No-tillage and legume cover cropping in corn agroecosystems: Effects on soil arthropods. – Acta phytopathologica et entomologica Hungarica **24**, 99-104.
- HOUSE, G.J. (1989b): Soil arthropods from weed and crop roots of an agroecosystem in a wheat-soybean-corn rotation: Impact of tillage and herbicides. – Agriculture, Ecosystems and Environment **25**, 233-244.
- HOUSE, G.J. & B.R. STINNER (1983): Arthropods in no-tillage soybean agroecosystems: Community composition and ecosystem interactions. – Environmental Management **7**, 23-28.
- JACKY, F. & Y. BOUCHERY (1980): Atlas des formes ailées des espèces courantes de pucerons. – Colmar: Institut national de la recherche agronomique (INRA), 48 S.
- JACOBS, W. & M. RENNER (1988): Biologie und Ökologie der Insekten. – Stuttgart: Gustav Fischer, 2. Auflage, 690 S.
- JACKS, G.V., BRIND, W.D. & R. SMITH (1955): Mulching. – Commonwealth Bureau of Soil Science, Technical Communication **49**, Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Buckinghamshire, England, 87 S.
- JANSSENS, J. & R. DE CLERCQ (1990): Observations on Carabidae, Staphylinidae and Araneae as predators of cereal aphids in winter wheat. – Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Universiteit Gent **55**, 471-475.
- JOHNSON, C.G. (1952): The changing numbers of *Aphis fabae* SCOP. flying at crop. – Annals of Applied Biology **39**, 525-547.
- JONES, R.A.C. (1991): Reflective mulch decreases the spread of two non-persistently aphid transmitted viruses to narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*). – Annals of Applied Biology **118**, 79-85.
- JONES, R.A.C. (1994): Effect of mulching with cereal straw and row spacing on spread of bean yellow mosaic potyvirus into narrow-leaved lupins (*Lupinus angustifolius*). – Annals of Applied Biology **124**, 45-58.
- JOSCHKO, M., ROGASIK, H. & J. BRUNOTTE (1997): Einfluß konservierender Bodenbearbeitung auf Bodentiere und Bodengefüge von Lehmböden. – Landbauforschung Völkenrode Sonderheft **178**, 69-82.
- KARL, E. (1989): Einsatz einer Saugfalle zur Überwachung des Blattlausfluges. – Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz **25**, 167-173.
- KARL, E., PASZKIEWICZ, Z. & H.E. SCHMIDT (1991): Ein Nachweis der Lupinenblattlaus (*Macrosiphum albifrons* Essig) in der Republik Polen. – Archiv Phytopathologie und Pflanzenschutz **27**, 3, 243-244.
- KELLER, S. & H. SUTER (1980): Epizootiologische Untersuchungen über das Entomophthora-Auftreten bei feldbaulich wichtigen Blattlausarten. – Acta Oecologica; Oecologica Applicata **1**, 63-81.

- KENDALL, D.A., CHINN, N.E., SMITH, B.D., TIDBOALD, C., WINSTONE, L. & N.M. WESTERN (1991): Effects of straw disposal and tillage on spread of barley yellow dwarf virus in winter barley. – *Annals of Applied Biology* **119**, 359-364.
- KENDALL, D.A., CHINN, N.E., GLEN, D.M., WILTSHIRE, C.W., WINSTONE, L. & C. THIOBALD (1995): Effects of soil management on cereal pests and their natural enemies. – In: Glen, D.M., Greaves, M.P. & H.M. Anderson (Hrsg.): *Ecology and integrated farming systems*. – Proceedings of the 13th Long Ashton Symposium, 83-102.
- KENNEDY, J.S., BOOTH, C.O. & W.J.S. KERSHAW (1961): Host finding by aphids in the field, III. Visual attraction. – *Annals of Applied Biology* **49**, 1-21.
- KENNEDY, J.S., DAY, M.F. & V.F. EASTOP (1962): A conspectus of aphids as vectors of plant viruses. – London: Commonwealth Institute of Entomology, 114 S.
- KIECKHEFER, R.W., DICKMANN, D.A. & E.L. MILLERK (1976): Color responses of cereal aphids. – *Annals of the Entomological Society of America* **69**, 721-724.
- KOUAME, K.L. & M. MACKAUER (1992): Influence of starvation on development and reproduction in apterous virginoparae of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Homoptera: Aphididae). – *Canadian Entomologist* **124** (1), 87-95.
- KRING, J.B. (1964): New ways to repel aphids. – *Frontiers of Plant Science* **17**: 6-7.
- KRING, J.B. (1972): Flight behavior of aphids. – *Annual Review of Entomology* **17**, 461-492.
- KRING, J.B. & D.J. SCHUSTER (1992): Management of insects on pepper and tomato with UV-reflective mulches. – *Florida Entomologist* **75**, 119-129.
- LAMB, K.P. (1958): Alate aphids in Auckland, New Zealand using Moericke colour traps. – *New Zealand Journal of Science* **1** (4), 579-589.
- LANGMAACK, M., RÖHRIG, R. & S. SCHRADER (1996): Einfluß der Bodenbearbeitung und Bodenverdichtung auf terrestrische Oligochaeten (*Enchytraeidae* und *Lumbricidae*) landwirtschaftlicher Nutzflächen. – *Braunschweiger Naturkundliche Schriften* **5** (1), 105-123.
- LARINK, O. (1997): Springtail and mites - important knots in the foodweb of soils. – In: Benckiser, G. (Hrsg.): *Fauna in soil ecosystems - recycling processes, nutrient fluxes and agricultural production*. – New York: Marcel Dekker, 225-264.
- LARINK, O. (1998): Bodenbearbeitung und Bodenleben. – KTBL-Arbeitspapier **266**, 80-90.
- LEYER, I. & K. WESCHE (2007): *Multivariate Statistik in der Ökologie – Eine Einführung*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- LINKE, C. (1998): Was tun mit Stroh? – *DLG-Mitteilungen* **7/1998**, 30-32.
- MACK, T.P. & C.B. BACKMAN (1990): Effects of two planting dates and three tillage systems on the abundance of lesser cornstalk borer (Lepidoptera: Pyralidae), other selected insects, and yield in peanut fields. – *Journal of Economic Entomology* **83** (3), 1034-1041.
- MANGAN, R.L. & R.A. BYERS (1989): Effects of minimum-tillage practices on spider activity in old-field swards. – *Environmental entomology* **6**, 945-952.
- MCKINLAY, R.G. (1985): Effect of undersowing potatoes with grass on potato aphid numbers. – *Annals of Applied Biology* **106**, 23-29.
- MCLEAN, G.D., BURT, J.R., THOMAS, D.W. & A.N. SPROUL (1982): The use of reflective mulch to reduce the incidence of watermelon mosaic virus in Western Australia. – *Crop Protection* **1**, 491-496.
- MINKS, A.K. & P. HARREWIJN (Hrsg.) (1987): *Aphids - Their biology, natural enemies and control*. – World Crop Pests, Vol. 2A. – Amsterdam: Elsevier, 450 S.
- MISSONIER, J., ROBERT, Y. & G. THOIZON (1970): Circonstances épidémiologiques semblant favoriser le développement des mycoses à Entomophthorales chez trois aphides, *Aphis fabae* Scop., *Capitophorus horni* BÖRNER et *Myzus persicae* SULZ. – *Entomophaga* **15**, 169-190.
- MITTLER, T.E. (1973): Aphid polymorphism as affected by diet. – *Perspectives in Aphid Biology* **2**, 65-75.
- MOERICKE, V. (1950): Über das Farbsehen der Pfirsichblattlaus (*Myzodes persicae* SULZ.). – *Zeitschrift für Tierpsychologie* **7** (2), 265-274.
- MOERICKE, V. (1951): Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen, insbesondere der Pfirsichblattlaus *Myzodes persicae* (Sulz.). – *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* **3**, 23-24.

- MOERICKE, V. (1952): Farben als Landereize für geflügelte Blattläuse (Aphidoidea). – Zeitschrift für Naturforschung **7b**, 304-309.
- MOERICKE, V. (1955): Über die Lebensgewohnheiten der geflügelten Blattläuse (Aphidina) unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens beim Landen. – Zeitschrift für Angewandte Entomologie **37**, 29-91.
- MOERICKE, V. (1969): Hostplant specific colour behaviour by *Hyalopterus pruni* (Aphididae). – Entomologia Experimentalis et Applicata **12**, 524-534.
- MÜLLER, F.P. (1975): Bestimmungsschlüssel für geflügelte Blattläuse in Gelbschalen. – Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz **11**, 49-77.
- MÜLLER, F.P. (1980): Wirtspflanzen, Generationenfolge und reproduktive Isolation infraspezifischer Formen von *Acyrtosiphon pisum*. – Entomologia Experimentalis et Applicata **28**, 145-157.
- MÜLLER, F.P. (1985): Das Problem *Acyrtosiphon pisum*. – Zeitschrift für Angewandte Zoologie **72**, 317-334.
- MÜLLER, H.J. (1951): Über die Ursachen der unterschiedlichen Resistenz von *Vicia faba* L. gegenüber der Bohnenblattlaus *Doralis fabae* (Scop.). III. Über das Wirtswahlvermögen der Schwarzen Bohnenblattlaus *Doralis fabae* (Scop.). – Züchter **21**, 161-179.
- MÜLLER, H.J. (1953): Der Blattlausbefallsflug im Bereich eines Ackerbohnen- und eines Kartoffelbestandes. – Beiträge zur Entomologie **3**, 229-258.
- MÜLLER, H.J. (1957): Über die Entwicklung erhöhten Randbefalls von Ackerbohnen-Beständen durch *Aphis fabae* Scop. – Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie) und Pflanzenschutz **64**, 593-599.
- MÜLLER, H.J. (1961): Über die Ursachen der unterschiedlichen Resistenz von *Vicia faba* L. gegenüber der Bohnenblattlaus, *Aphis* (*Doralis*) *fabae* (SCOP.). VII: Reproduktionsrate und Körpergröße von *Aphis fabae* auf gleichaltrigen Jungpflanzen unterschiedlicher Wüchsigkeit. – Entomologia Experimentalis et Applicata **4**, 148-164.
- MÜLLER, H.J. (1964): Über die Anflugdichte von Aphiden auf farbige Salatpflanzen. – Entomologia Experimentalis et Applicata **7**, 85-104.
- MÜLLER (1968): Über die Ursachen der unterschiedlichen Resistenz von *Vicia faba* L. gegenüber der Bohnenblattlaus *Aphis* (*Dorsalis*) *fabae* Scop. X. Vermehrung und Wachstum verschiedener Aphidenarten auf Rastatter und Schlanstedter Ackerbohnen. – Entomologia Experimentalis et Applicata **11**, 355-371.
- MÜLLER, H.J. & K. UNGER (1951a): Über die Ursachen der unterschiedlichen Resistenz von *Vicia faba* L. gegenüber der Bohnenblattlaus *Doralis fabae* SCOP. I. Der Verlauf des Massenwechsel von *Doralis fabae* SCOP. in Abhängigkeit vom Witterungsverlauf 1949 in Quedlinburg. – Züchter **21**, 1-30.
- MÜLLER, H.J. & K. UNGER (1951b): Über die Ursachen der unterschiedlichen Resistenz von *Vicia faba* L. gegenüber der Bohnenblattlaus *Doralis fabae* SCOP. II. Über die Fluggewohnheiten, besonders das sommerliche Schwärmen, von *Doralis fabae* SCOP. und ihre Abhängigkeit vom Tagesgang der Witterungsfaktoren. – Züchter **21**, 76-89.
- MÜLLER, H.J. & K. UNGER (1952): Über den Einfluß von Licht, Wind, Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Befallsflug der Aphiden *Doralis fabae* SCOP. und *Myzodes persicae* SULZ. sowie der Psyllide *Trioza nigricornis* Frst. – Züchter **22**, 206-228.
- MÜLLER, H.J., UNGER, K., NEITZEL, K., RAEUBER, A., MOERICKE, V. & J. SEEMANN (1959): Der Blattlausbefallsflug in Abhängigkeit von Flugpopulation und witterungsbedingter Agilität in Kartoffel-Anbau- und Hochzuchtlagen. – Biologisches Zentralblatt **78**, 341-383.
- MUSSO, J.O. (1932): Eine Studie zur Bedeckung des Bodens – Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde **11**, 361-373.
- NEITZEL, K. & H.J. MÜLLER (1959): Erhöhter Virusbefall in den Randreihen von Kartoffelbeständen als Folge des Flugverhaltens der Vektoren. – Entomologia Experimentalis et Applicata **2**, 27-37.
- NOTTINGHAM, S.F. & J. HARDIE (1993): Flight behaviour of the black bean aphid, *Aphis fabae*, and the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*, in host and non-host plant odour. – Physiological Entomology **18**, 389-394.
- NOTTINGHAM, S.F., HARDIE, J., DAWSON, G.W., HICK, A.J., PICKETT, J.A., WADHAMS, L.J. & C.M. WOODCOCK (1991): Behavioural and electrophysiological response of aphids to host and non-host plant volatiles. – Journal of Chemical Ecology **17**, 1231-1242.

- NOZON, S. (1990): Untersuchungen zur Konkurrenz von *Aphis fabae* SCOPOLI und *Acyrtosiphon pisum* (HARRIS) und zur Beeinflussung ihrer Wirtspflanze *Vicia faba* L. (Homoptera: Aphididae). – Diplomarbeit Universität Rostock, 36 S.
- NYFFELER, M. & G. BENZ (1981): Freilanduntersuchungen zur Nahrungsökologie der Spinnen: Beobachtungen aus der Region Zürich. – Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz **54**, 33-39.
- NYFFELER, M. & G. BENZ (1982): Spinnen als Prädatoren von landwirtschaftlich schädlichen Blattläusen. – Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz **55**, 120-121.
- NYFFELER, M. & G. BENZ (1987): Spiders in natural pest control: A review. – Journal of Applied Entomology **103**, 321-339.
- OETTING, R.D. (1985): Identification, biology, and control of aphids and whiteflies on bedding plants and poinsettias. - Proceedings First Conference on Insects and Disease Management on Ornamentals, Society of American Florists, Alexandria, Virginia, 63-66.
- OGENDA-LATIGO, M.W., AMPOFO, J.K.O. & C.W. BALIDDAWA (1992): Influence of maize row spacing on infestation and damage of intercropped beans by the bean aphid (*Aphis fabae* Scop.). I. Incidence of aphids. – Field Crops Research **30**, 111-121.
- OHNESORGE, B. (1991): Tiere als Pflanzenschädlinge. – Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2. Auflage, 336 S.
- O'LOUGHLIN, G.T. (1963): Aphid trapping in Victoria I. The seasonal occurrence of aphids in three localities and a comparison of two trapping methods. – Australian Journal of Agricultural Research **14**, 61-69.
- PAUL (1986): Vergleich der epigäischen Bodenfauna bei wendender bzw. nichtwendender Grundbodenbearbeitung. – Mitteilungen der biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft **232**, 290 S.
- POWELL, C.A. & P.J. STOFFELLA (1993): Influence of endosulfan sprays and aluminum mulch on sweet-potato white fly disorders of zucchini squash and tomatoes. – Journal of Production Agriculture **6**, 118-121.
- RAMEL, G. (2004): Welcome to a World of Little Suckers Aphids, Greenfly, Blackfly (*Aphidoidea*). – <http://earthlife.net/insects/aphids.html>
- RADTKE, W., RIECKMANN, W. & F. BRENDLER (2000): Kartoffel: Krankheiten, Schädlinge, Unkräuter. – Gelsenkirchen-Buer: Verlag Th. Mann, 272 S.
- REICHWALD, H.-T. (1989): Das Verhalten der Getreideblattläuse gegenüber Farben. – Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie **7**, 171-174.
- RELF, D. (2001): Mulching for a healthy landscape. - Environmental Horticulture, Virginia Tech, Virginia Cooperative Extension <http://www.ext.vt.edu/pubs/envirohort/426-724/426-724.html> (2008-09-09)
- REMAUDIERE, G. & M. REMAUDIERE (1997): Catalogue des Aphididae du monde. – Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Paris, 473 S.
- RIECHERT, S.E. & T.C. LOCKLEY (1984): Spiders as biological control agents. – Annual Review of Entomology **29**, 299-320.
- RODER, W. (1990): Pflanzenschutz in der Landwirtschaft. – Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag, 464 S.
- ROTHERAY, G.E. (1989): Aphid predators. – Naturalists' Handbooks 11, Richmond Publishing Co. Ltd., Slough, England, 77 S.
- ROTHMALER, W. [Begr.], SCHUBERT, R. & W. VENT (Hrsg.) (1990): Exkursionsflora von Deutschland. Band 3, Atlas der Gefäßpflanzen. – Berlin: Verlag Volk und Wissen, 811 S.
- ROTHMAN, P.G. (1967): Aluminium foil fails to protect winter oats from aphid vectors of barley yellow dwarf. – Plant Disease Reporter **51**, 354-355.
- RYPSTRA, A.L. (1983): The importance of food and space in limiting webspider densities; a test using field enclosures. – Oecologia **59**, 312-316.
- SAUCKE, H. & T.F. DÖRING (2004): Potato virus Y reduction by straw mulch in organic potatoes. – Annals of Applied Biology **144**, 347-355.
- SCHALK, J.M. & M.L. ROBBINS (1987): Reflective mulches influence plant survival, production, and insect control in fall tomatoes. – Horticultural Science **22**, 30-32.

- SCHLIEPHAKE, E., GRAICHEN, K. & F. RABENSTEIN (2000): Investigations on the vector transmission of the Beet mild yellowing virus (BMV) and Turnip yellow virus (TuYV) – Journal of Plant Diseases and Protection **107**, 81-87.
- SCHMUTTERER, H. (1969): Der Einfluß einiger Faktoren auf die Leistung der Wickenlaus *Megoura viciae* bei der Übertragung des Enationenvirus der Erbse. – Zeitschrift für Angewandte Entomologie **64**, 24-50.
- SCHRADER, S. & M. LINGNAU (1997): Influence of soil tillage and soil compaction on microarthropods in agricultural land. – Pedobiologia **41**, 202-209.
- SEKHON, N.K., HIRA, G.S., SIDHU, A.S. & S.S. THIND (2005): Response of soyabean (*Glycine max* Mer.) to wheat straw mulching in different cropping seasons. – Soil Use and Management **21**, 422-426.
- SHANDS, W.A. & G.W. SIMPSON (1972): Effects of aluminium foil mulches upon abundance of aphids on, and yield of potatoes in Northeastern Maine. – Journal of Economic Entomology **65** (2): 507-510.
- SIDDIG, S.A. (1966): Untersuchungen über Morphologie, Bionomie und Bekämpfung der Wickenlaus *Megoura viciae* Bckt. (Homoptera: Aphididae). – Dissertation, Landwirtschaftliche Fakultät, Justus-Liebig-Universität zu Gießen, 74 S.
- SIEKMANN, G., HOMMES, M. & U. HEIMBACH (2003): Farbiges Mulchen contra Blattläuse. – TASPO-Magazin **2** / 2003, 23-24.
- SIMONS, J.M. (1982): Use of oil sprays and reflective surfaces for control of insect-transmitted plant viruses. – In: Harris, K.F. & K. Maramorosch (Hrsg.): Pathogens, Vectors, and Plant Diseases: Approaches to Control. – New York: Academic Press, 71-93.
- SMITH, J.G. (1976): Influence of crop background on aphids and other phytophagous insects on brussels sprouts. – Annals of Applied Biology **83**, 1-13.
- STADT BRAUNSCHWEIG (1998): Landschaftsrahmenplan, Stand 07/1997.
- STINNER, B.R., KRUEGER, H.R., D.A. MCCARTNEY (1986): Insecticide and tillage effects on pest and non-pest arthropods in corn agroecosystems. Agriculture, Ecosystems & Environment **15**:11-21.
- STOCKFISCH, N. (1997): Strohabbau durch Mikroorganismen und Regenwürmer in zwei Bodenbearbeitungssystemen. – Hamburg: Verlag Dr. Kovac, 186 S.
- STRESEMANN, E., HANNEMANN, H.-J., KLAUSNITZER, B. & K. SENGLAUB (2000): Exkursionsfauna von Deutschland, Band 2, Wirbellose: Insekten. – Heidelberg: Spektrum Verlag, 9. Aufl., 959 S.
- SUNDERLAND, K.D. (1991): The ecology of spiders in cereals. – Proceedings of the 6th International Symposium on Pests & Diseases. Halle/Saale, 269-280.
- SUNDERLAND, K.D. (1999): Mechanisms underlying the effects of spiders on pest populations. – The Journal of Arachnology **27**: 308-316.
- TAYLOR, L.R. (1984): A Handbook for Aphid Identification. – Harpenden, England: Rothamsted Experimental Station, 2. Aufl., 171 S.
- THACKER, J.I., THIEME, T. & A.F.G. DIXON (1997): Forecasting of periodic fluctuations in annual abundance of the bean aphid: the role of density dependence and weather. – Journal of Applied Entomology **121**, 137-145.
- THIEME, T. (1987): Untersuchungen über die Flugaktivitäten von ausgewählten Aphiden. – Wissenschaftliche Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, **Jg. 36**, Naturwissenschaftliche Reihe **H. 2**, 77-80.
- THIEME, T. (2002): Aphid's on economically important crops, Syngenta Aphid's Guide, interactive CD-ROM. – Basel: Syngenta Crop Protection AG.
- THIEME, T. & H.A. EGGERS-SCHUMACHER (Hrsg.) (2003): Verzeichnis der Blattläuse (Aphidina) Deutschlands. – Entomofauna Germanica **6**. – Entomologische Nachrichten und Berichte, Beiheft **8**, 167-193.
- THIEME, T. & U. HEIMBACH (1996): Development and reproductive potential of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) on winter wheat cultivars. – IOBC/WPRS Bulletin **19** (3), 1-8.
- THIEME, T. & U. HEIMBACH (1998): Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln gegen virusübertragende Blattläuse im Kartoffelbau. – Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Berlin) **357**, 100-101.

- THIEME, T. & F.P. MÜLLER (2000):** Unterordnung Aphidina - Blattläuse. In: Stresemann, E., Hannemann, H.-J., Klausnitzer, B. & K. Senglaub (Hrsg.): Exkursionsfauna von Deutschland, Band 2, Wirbellose: Insekten. – Heidelberg: Spektrum Verlag, 9. Aufl., 169-237
- THIEME, T., STEINER, H. & T. BUSCH (1994):** Vergleich der Blattlausfänge in verschiedenen Gelbschalen. – Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **46** (4), 65-68.
- TOSCANO, N.C., WYMAN, J., KIDO, K., JOHNSON, H. & K. MAYBERRY (1979):** Reflective mulches foil insects. – California Agriculture **33**, 17-19.
- TUKAHIRWA, E.M. & T.H. COAKER (1982):** Effect of mixed cropping on some insect pests of brassicas; reduced *Brevicoryne brassicae* infestations and influences on epigeal predators and the disturbance of oviposition behaviour in *Delia brassicae*. – Entomologia Experimentalis et Applicata **32**, 129-140.
- TYLER, B.M.J. & C.R. ELLIS (1980):** Ground beetles in three tillage plots in Ontario and observations on their importance as predators of the northern corn rootworm, *Diabrotica longicornis* (Coleoptera: Chrysomelidae). – Proceedings of the Entomological Society of Ontario **110**, 65-73.
- VOLKMAR, C., LÜBKE-AL HUSSEIN, M. & T. KREUTER (2003):** Effekte moderner Verfahren der Bodenbewirtschaftung auf die Aktivität epigäischer Raubarthropoden. - Gesunde Pflanzen **55**, 40-45.
- WEISS, M.J., BALSBAUGH, E.U., FRENCH, E.W. & B.K. HOAG (1990):** Influence of tillage management and cropping system on ground beetle (Coleoptera: Carabidae) fauna in the Northern Great Plains. – Environmental Entomology **19**, 1388-1391.
- WOLFENBARGER, D.O. & W.D. MOORE (1968):** Insect abundance on tomatoes and squash mulched with aluminium and plastic sheetings. – Journal of Economic Entomology **61** (1): 34-36.
- WOOD, E. A., JR. & K. J. STARKS (1975):** Incidence of paedogenesis in the greenbug. - Environmental Entomology **4**, 1001-1002.
- WYMAN, J.A., TOSCANO, N.C., KIDO, K., JOHNSON, H. & K.S. MAYBERRY (1979):** Effects of mulching on the spread of aphid-transmitted watermelon mosaic virus to summer squash. – Journal of Economic Entomology **72**, 139-143.
- ZAHIROVIĆ, S. (2002):** Untersuchung der Spinnenzönose eines Ackerbohnenbestandes (*Vicia faba*) unter dem Einfluss verschiedener Mulchsaatsysteme. – Diplomarbeit, Zoologisches Institut der TU Braunschweig, 63 S.
- ZALOM, F.G. (1981):** Effects of aluminium mulch on fecundity of apterous *Myzus persicae* on head lettuce in a field planting – Entomologia Experimentalis et Applicata **30**, 227-230.
- ZITTER, T.A. & J.N. SIMONS (1980):** Management of viruses by alteration of vector efficiency and by cultural practices. – Annual Review of Phytopathology **18**: 289-310.



# 10 ANHANG

## 10.1 Blattläuse - Artenlisten

**Tab. A.1:** Feldversuche mit Ackerbohne sowie Lupine / Erbse 1997-1999 und Ackerbohne 2000: Gesamtartenliste der Blattläuse; sicher bestimmte Arten (wiss. Namen nach O.E. Heie, 1980, 1982, 1986, 1992, 1994, 1995; von Dr. Th. Thieme, BTL Sagerheide nachbestimmt)

Nr.	Blattlaus-Art	Fälle Typ / Jahr	Nr.	Blattlaus-Art	Fälle Typ / Jahr
1	<i>Acyrtosiphon loti</i> (Theobald)	GFS 98/99, BL-Bon 98	44	<i>Dysaphis crataegi</i> (Kaltenbach)	GFS 98
2	<i>Acyrtosiphon malvae</i> (Mosley) = <i>A. pelargonii</i> Kaltenbach	GFS 98/99	45	<i>Dysaphis (Pomaphis) plantaginea</i> (Passerini)	GFS 99
3	<i>Acyrtosiphon pisum</i> (Harris)	GFS 98/99, BL-Bon 98/99/00	46	<i>Dysaphis pyri</i> (Boyer de Fonscolombe)	GFS 98
4	<i>Adelges</i> spp. Vallot	GFS 98	47	= <i>Dysaphis (Pomaphis) pyri</i>	GFS 98/99
5	<i>Amphorophora rubi</i> (Kaltenbach)	GFS 98	48	<i>Dysaphis</i> spp. Börner	GFS 98/99
6	<i>Anoea</i> spp. Koch	GFS 98/99	49	<i>Eriosoma ulmi</i> (Linnaeus)	GFS 98/99
7	<i>Anoea corni</i> (Fabricius)	GFS 99	50	= <i>Eriosoma (Schizoneura) ulmi</i> (L.)	SF 99
8	<i>Anuraphis farfarae</i> (Koch)	GFS 98/99	51	<i>Eucallipterus tiliae</i> (Linnaeus)	BL-Bon 99
9	<i>Aphis acetosae</i> Linnaeus	GFS 99, BL-Bon 99	52	<i>Hyalopterus pruni</i> (Geoffroy)	GFS 98/99, SF99
10	<i>Aphis craccivora</i> Koch	GFS 99	53	<i>Hyperomyzus lactucae</i> (Linnaeus)	SF 99
11	<i>Aphis fabae</i> Scopoli	GFS 98/99, BL-Bon 98/99/00	54	<i>Hyperomyzus lampsaenae</i> (Börner)	GFS 98
12	<i>Aphis frangulae</i> Kaltenbach	GFS 98/99	55	<i>Jacksonia papillata</i> Theobald	GFS 98
13	<i>Aphis idaei</i> (van der Goot)	GFS 99	56	<i>Liosomaphis berberidis</i> (Kaltenbach)	GFS 98/99
14	<i>Aphis nasturtii</i> Kaltenbach	GFS 98/99, BL-Bon 98	56a	<i>Macrosiphoniella persequens</i> (Walker), Typ 1	GFS 99
15	<i>Aphis pomi</i> De Geer	GFS 98/99	57	<i>Macrosiphoniella persequens</i> (Walker), Typ 2	GFS 99
16	<i>Aphis rumicis</i> Linnaeus	GFS 99	58	<i>Macrosiphoniella sejuncta</i> (Walker)	GFS 99
17	<i>Aphis sambuci</i> Linnaeus	GFS 98/99	59	<i>Macrosiphoniella tapuskae</i> (Hottes & Frison)	GFS 98
18	<i>Aphis spiraeophaga</i> Müller	SF 99	60	<i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas)	GFS 98/99, BL-Bon 99
19	<i>Aphis viburni</i> Scopoli	GFS 99	61	<i>Macrosiphum rosae</i> (Linnaeus)	GFS 99
20	<i>Aphis</i> spp.	GFS 99	62	<i>Megoura viciae</i> Buckton	GFS 99, BL-Bon 98/99
21	<i>Atheroides semulatus</i> Haliday	GFS 99	63	<i>Megoura purpurea</i> Hille Ris Lambers	GFS 98/99
22	<i>Aulacorthum solani</i> (Kaltenbach)	GFS 99	64	<i>Metopolophium dirhodum</i> (Walker)	GFS 99, BL-Bon 99
23	<i>Brachycaudus cardui</i> (Linnaeus)	GFS 98/99, BL-Bon 98 (L)	65	<i>Myzodius modestum</i> (Hottes)	GFS 99
24	<i>Brachycaudus helichrysi</i> (Kaltenbach)	GFS 98/99, BL-Bon 98	66	<i>Myzus ascalonicus</i> Doncaster	GFS 98/99
25	<i>Brachycaudus cerastii</i> (Kaltenbach)	GFS 99	67	<i>Myzus cerasi</i> (Fabricius)	GFS 99
26	<i>Brevicoryne brassicae</i> (Linnaeus)	GFS 98/99, BL-Bon 99	68	<i>Myzus certus</i> (Walker)	GFS 98/99
27	<i>Capitophorus carduinus</i> (Walker)	GFS 98	69	<i>Myzus ornatus</i> Laing	GFS 98, BL-Bon 98/99
28	<i>Capitophorus elaeagni</i> (del Guercio)	GFS 98/99	70	<i>Myzus persicae</i> (Sulzer)	GFS 98/99, BL-Bon 99 (E)
29	<i>Capitophorus hippophaes</i> (Walker)	GFS 98/99, BL-Bon 99 (E)	71	<i>Nasonovia ribisnigri</i> (Mosley)	GFS 98/99, BL-Bon 98
30	<i>Capitophorus horni</i> Börner	GFS 98/99	72	= <i>Hyperomyzus (Nasonovia) picridis</i>	BL-Bon 98
31	<i>Capitophorus similis</i> van der Goot	GFS 98/99	73	<i>Ovatus insitus</i> (Walker)	GFS 98/99
32	<i>Capitophorus</i> spp.	GFS 98/99	74	<i>Periphagus</i> spp. Hartig	GFS 99
33	<i>Cavariella aegopodii</i> (Scopoli)	GFS 98	75	<i>Periphagus testudinaceus</i> (Fernei)	GFS 98
34	<i>Cavariella pastinaceae</i> (Linnaeus)	GFS 98/99, BL-Bon 98	76	<i>Protrama flavescens</i> (Koch)	GFS 99
35	<i>Cavariella theobaldi</i> Gillette & Bragg	GFS 99	77	<i>Protrama ranunculi</i> (Del Guercio)	GFS 99
36	<i>Ceruraphis eriophori</i> (Walker)	GFS 98/99	78	<i>Phyllaphis fagi</i> (Linnaeus)	GFS 98
37	<i>Chaitophorus salicis</i> Schrank	GFS 98	79	<i>Rhopalosiphum insertum</i> (Walker)	GFS 98/99
38	<i>Chara</i> spp. Curtis	SF 99	80	<i>Rhopalosiphum padi</i> (Linnaeus)	GFS 98/99, BL-Bon 98/99 (E)
39	<i>Cryptomyzus galeopsidis</i> (Kaltenbach)	GFS 98	81	<i>Rhopalosiphum insertum</i> (Walker)	BL-Bon 98/99
40	<i>Cryptomyzus ribis</i> (Linnaeus)	GFS 98	82	<i>Sitobion avenae</i> (Fabricius)	GFS 99
41	<i>Dactynotus</i> spp. Ratnesque = <i>Uroleucon</i> spp.	GFS 99	83	<i>Sitobion fragariae</i> (Walker)	SF 99
42	<i>Dactynotus tussilaginis</i> (Walker)	GFS 99	84	<i>Therioaphis luteola</i> (Börner)	SF 99
43	(= <i>Uroleucon tussilaginis</i> )	GFS 99		<i>Therioaphis riehmi</i> (Börner)	GFS 99
	<i>Drapanosiphum platanoideus</i> (Schrank)	BL-Bon 00		<i>Uromela</i> spp. Mordvilko	
				= <i>Uroleucon (Uromela)</i> spp.	

**Tab. A.2:** Feldversuche mit Ackerbohne sowie Lupine / Erbse 1997-1999 und Ackerbohne 2000: nicht sicher bestimmte Blattlausarten

Nr.	Blattlaus-Art	Falle Typ / Jahr
1	<i>Acyrtosiphon caraganae</i> (Cholodkovsky)	GFS 99
2	<i>Aphis jacobaeae</i> Schrank	GFS 99
3	<i>Aphis lambersi</i> (Börner)	GFS 99
4	<i>Aphis liliago</i> Müller	GFS 99
5	<i>Aphis taraxacicola</i> (Börner)	GFS 99
6	<i>Elatobium abietinum</i> (Walker)	GFS 98
7	<i>Hayhurstia atriplicis</i> (Linnaeus)	GFS 99
8	<i>Hyadaphis foeniculi</i> (Passerini)	GFS 99
9	<i>Macrosiphoniella artemisiae</i> (Boyer de Fonscolombe)	GFS 98
10	<i>Myzaphis rosarum</i> (Kaltenbach)	GFS 99
11	<i>Myzus ligustri</i> (Mosley) = <i>Myzus</i> ( <i>Nectarosiphon</i> ) <i>ligustri</i>	GFS 98/99
12	<i>Myzus myosotidis</i> (Börner)	GFS 99
13	<i>Nasonovia pilosellae</i> (Börner)	GFS 98
14	<i>Paraschizaphis scirpi</i> (Passerini) = <i>Schizaphis</i> ( <i>Paraschizaphis</i> ) <i>scirpi</i>	GFS 99
15	<i>Rhopalosiphoninus ribesinus</i> (van der Goot)	GFS 99
16	<i>Rhopalosiphum nymphaeae</i> (Linnaeus)	GFS 99
17	<i>Sipha</i> ( <i>Rungsia</i> ) <i>elegans</i> Del Guercio	GFS 99
18	<i>Sipha maydis</i> Passerini	GFS 99
19	<i>Tubaphis ranunculina</i> (Walker)	GFS 99

## 10.2 Nutzarthropoden - Spinnen in Bodenphotoeklektoren 1999

Auszug aus der Diplomarbeit von Sunita Zahirović 2002: „Untersuchung der Spinnenzönose eines Ackerbohnenbestandes (*Vicia faba*) unter dem Einfluss verschiedener Mulchsaatsysteme“

In der Tab. A.3 sind die Arten aus den Photoeklektor-Fängen von 1999 aufgeführt. Zu entnehmen sind die Summe der Individuen (n) der Männchen und Weibchen, das Dominanzspektrum in % (nach ENGELMANN) sowie die Dominanzklasse: d.= dominant, sd.= subdominant, r.= rezedent, sr.= subrezedent, sp.= sporadisch.

**Tab. A.3:** Artenliste der Photoeklektor-Fänge 1999

Familien	Arten ♂ und ♀	Erstbeschreiber	n	%	Dominanzkl.	Ökologischer Typ
Linyphiidae	<i>Erigone atra</i>	BLACKWALL 1833	131	29,1	d.	eu
	<i>Erigone dentipalpis</i>	WIDER 1834	94	20,9	d.	eu
	<i>Oedothorax apicatus</i>	BLACKWALL 1850	82	18,2	d.	x
	<i>Oedothorax retusus</i>	WESTRING 1851	25	5,6	sd.	eu
	<i>Bathyphantes gracilis</i>	BLACKWALL 1841	22	4,9	sd.	eu
	<i>Leptyphantes tenuis</i>	BLACKWALL 1852	20	4,4	sd.	(x)
	<i>Araeoncus humilis</i>	BLACKWALL 1841	16	3,6	sd.	(x)
	<i>Oedothorax fuscus</i>	BLACKWALL 1834	11	2,4	r.	eu
	<i>Porrothomma microphthalmum</i>	O. P.-CAMBRIDGE 1871	7	1,6	r.	h
	<i>Meioneta rurestris</i>	KOCH 1836	7	1,6	r.	(x)
	<i>Gongylidiellum murcidum</i> ♂	SIMON 1884	2	0,4	sr.	h
	<i>Gongylidiellum vivum</i> ♂	O. P.-CAMBRIDGE 1875	1	0,2	spr.	-
	<i>Diplostyla concolor</i> ♀	WIDER 1834	1	0,2	spr.	(h) (w)
	<i>Leptorhoptrum robustum</i> ♂	WESTRING 1851	2	0,4	sr.	-
	<i>Micrargus subaequalis</i>	WESTRING 1851	2	0,4	sr.	-
	<i>Gongylidium rufipes</i> ♀	SUNDEVALL 1829	1	0,2	spr.	(h) (w)
	<i>Moebelia penicillata</i> ♂	WESTRING 1851	1	0,2	spr.	arb, R
	<i>Entelecara acuminata</i>	WIDER 1834	3	0,7	sr.	(x) w, arb
	<i>Trematocephalus cristatus</i>	WIDER 1834	2	0,4	sr.	arb
	<i>Tiso vagans</i> ♂	BLACKWALL 1834	1	0,2	spr.	(h)
	<i>Savignya frontata</i> ♀	BLACKWALL 1833	1	0,2	spr.	h
	<i>Silometopus elegans</i> ♀	O. P.-CAMBRIDGE 1872	1	0,2	spr.	h
Tetragnathidae	<i>Pachygnatha degeeri</i> ♀	SUNDEVALL 1823	2	0,4	sr.	eu
Tetragnathidae	<i>Pachygnatha clercki</i> ♀	SUNDEVALL 1830	1	0,2	spr.	h
Theridiidae	<i>Theridion bimaculatum</i> ♂	LINNAEUS 1767	1	0,2	spr.	(x) (w)
Theridiidae	<i>Theridion impressum</i>	KOCH 1881	2	0,4	sr.	x
Theridiidae	<i>Robertus lividus</i> ♂	BLACKWALL 1836	1	0,2	spr.	(x) w
Clubionidae	<i>Clubiona brevipes</i> ♂	BLACKWALL 1841	1	0,2	spr.	arb R
Clubionidae	<i>Clubiona neglecta</i> ♂	O. P.-CAMBRIDGE 1862	1	0,2	spr.	x
Thomisidae	<i>Philodromus praedatus</i> ♀	O. P.-CAMBRIDGE 1871	1	0,2	spr.	-
Thomisidae	<i>Xysticus lanio</i> ♀	C. L. KOCH 1824	1	0,2	spr.	(h) w, arb
Thomisidae	<i>Xysticus kochi</i> ♂	THORELL 1872	2	0,4	sr.	x
Lycosidae	<i>Trochosa ruricola</i> ♀	DEGEER 1778	2	0,4	sr.	eu
Araneidae	<i>Araniella cucurbitina</i> ♀	CLERCK 1757	1	0,2	spr.	(x) (w), arb
Salticidae	<i>Salticus scenicus</i> ♂	CLERCK 1757	1	0,2	spr.	syn, th

Die ökologischen Typen wurden nach PLATEN (1991) unterteilt in: h = hygrobiont/-phil, (h) = überwiegend hygrophil, eu = euryöker Freiflächenbewohner, x = xerobiont/-phil, (x) = überwiegend xerophil, w = euryöke Waldart, (w) = überwiegend in Wäldern, h w = in Feucht- und Nasswäldern, (h) (w) = überwiegend in mittelfeuchten Laubwäldern oder feuchten Freiflächen, arb auf Bäumen und Sträuchern, R = an/ unter Rinde, syn = an/ in Gebäuden. Bei einigen Arten fehlt die Angabe des ökologischen Typs, da sie nicht in der Liste von PLATEN (1991) aufgeführt wurden. Viele der sporadischen Arten aus dieser Untersuchung haben ihr Schwerpunktverkommen in Wäldern und sind mehr oder weniger hygrophil. Damit wird der Einfluss der angrenzenden Bäume des Bachlaufs deutlich.

## 10.3 Pflanzenentwicklung

### 10.3.1 Unkraut

Tab. A.4: Übersicht über die 1997-2000 aufgetretenen Unkrautarten mit ihren Abkürzungen

wissenschaftlicher Name	deutscher Name	EPPO-Code
<i>Anthemis arvensis</i> L.	Acker-Hundskamille	ANTAR
<i>Apera spica-venti</i> (L.) P.B.	Gemeiner Windhalm	APESV
<i>Atriplex patula</i> L.	Spreizende Melde	ATXPA
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Med.	Gemeines Hirtentäschel	CAPBP
<i>Cardaria draba</i> (L.) Desv.	Pfeilkresse, Türkenkresse	CADDR
<i>Chenopodium album</i> L.	Weißer Gänsefuß	CHEAL
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	Acker-Kratzdistel, Ackerdistel	CIRAR
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. B.	Gemeine Hühnerhirse	ECHCG
<i>Equisetum arvense</i> L.	Acker-Schachtelhalm	EQUAR
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve	Gemeiner Windenknöterich	POLCO
<i>Fumaria</i> L. spec.	Erdrauch-Art	FUMSS
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Kleinblütiges Franzosenkraut	GASPA
<i>Galium aparine</i> L.	Klettenlabkraut, Klebkraut	GALAP
<i>Matricaria recutita</i> (L.) Rauschert	Echte Kamille	MATCH
<i>Medicago lupulina</i> L.	Hopfen-Luzerne, Hopfenklee	MEDLU
<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth	Rainfarn-Phacelie	PHCTA
<i>Plantago major</i> ssp. <i>media</i> (Gilib.) Lange	Kleiner Wegerich	PLAMA
<i>Poa annua</i> L.	Einjähriges Rispengras	POAAN
<i>Polygonum aviculare</i> L.	Vogel-Knöterich	POLAV
<i>Polygonum persicaria</i> L.	Floh-Knöterich	POLPE
<i>Rumex acetosa</i> L.	Wiesen-Sauerampfer	RUMAC
<i>Rumex acetosella</i> L.	Kleiner Sauerampfer	RUMAA
<i>Senecio vulgaris</i> L.	Gemeines Greiskraut	SENVU
<i>Setaria viridis</i> (L.) P.B.	Grüne Borstenhirse	SETVI
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	Raue Gänsedistel	SONAS
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Kohl-Gänsedistel	SONOL
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Vogel-Sternmiere, Vogelmiere	STEME
<i>Taraxacum officinale</i> Wiggers	Gemeine Kuhblume, Löwenzahn	TAROF
<i>Tussilago farfara</i> L.	Huflattich	TUSFA
<i>Veronica</i> L. spec.	Ehrenpreis-Art	VERSS
<i>Vicia</i> L. spec.	Wicke-Art	VICSS
<i>Viola arvensis</i> Murray	Feld-Stiefmütterchen	VIOAR

### 10.3.2 Entwicklungsstadien der Kulturpflanzen

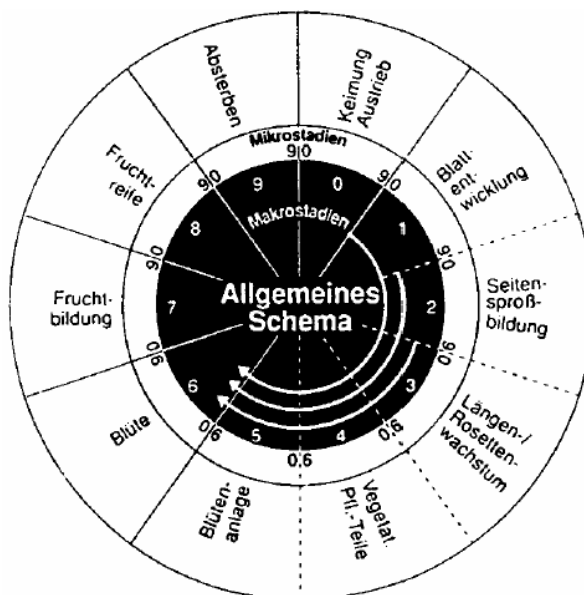
#### Die erweiterte BBCH-Skala

Die erweiterte BBCH-Skala zur einheitlichen Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen ist eine Gemeinschaftsarbeit der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), des Bundessortenamtes (BSA), des Industrieverbandes Agrar (IVA) und des Instituts für Gemüse und Zierpflanzenbau Grossbeeren/Erfurt.

Die Kurzbezeichnung **BBCH** leitet sich ab von **B**iologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, **B**undessortenamt und **C**hemische Industrie.

#### Aufbau der Skala

Die Skala ist als Dezimal-Skala aufgebaut und in Makro- und Mikrostadien unterteilt (Abb. A.1).



**Abb. A.1:** Unterteilung des pflanzlichen Entwicklungszyklus in Makro- und Mikrostadien. Verändert nach einem Entwurf von A. Witzenberger. In: BBA (2001)

**Tab. A.5:** BBCH-Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien der Faba-Bohne (*Vicia faba* L.)

Code	Faba-Bohne
<b>Makrostadium 0: Keimung</b>	
00	Trockener Samen
01	Beginn der Samenquellung
03	Ende der Samenquellung; Embryo deutlich unter der Samenschale sichtbar
05	Keimwurzel aus dem Samen ausgetreten
07	Sproß hat Samenschale durchbrochen
08	Sproß wächst zur Bodenoberfläche
09	Auflaufen: Sproß durchbricht Bodenoberfläche
<b>Makrostadium 1: Blattentwicklung (Hauptsproß)</b>	
(Bei deutlich sichtbarem Längenwachstum (Internodien gestreckt) ist auf die Codes des Makrostadiums 3 überzugehen.)	
10	2 schuppenförmige Niederblätter sichtbar
11	1. Laubblatt entfaltet
12	2. Laubblatt entfaltet
13	3. Laubblatt entfaltet
14	4. Laubblatt entfaltet
15	5. Laubblatt entfaltet fortlaufend bis ...
19	9 und mehr Laubblätter entfaltet
<b>Makrostadium 3: Längenwachstum (Hauptsproß); Schossen</b>	
30	Beginn des Längenwachstums
31	1. sichtbar gestrecktes Internodium
32	2. sichtbar gestrecktes Internodium
33	3. sichtbar gestrecktes Internodium
34	4. sichtbar gestrecktes Internodium fortlaufend bis ...
39	9 und mehr sichtbar gestreckte Internodien
<b>Makrostadium 5: Erscheinen der Blütenanlagen (Hauptsproß); Rispschieben</b>	
51	Erste Blütenknospen sichtbar
55	Erste Einzelblüten sichtbar (geschlossen)
59	Erste Blütenblätter sichtbar. Blüten noch geschlossen
<b>Makrostadium 6: Blüte (Hauptsproß)</b>	
61	Beginn der Blüte: 1 Blütentraube pro Pflanze in Blüte
63	etwa 3 Blütentrauben pro Pflanze in Blüte
65	Vollblüte: etwa 5 Blütentrauben pro Pflanze in Blüte
67	Abgehende Blüte
69	Ende der Blüte
<b>Makrostadium 7: Fruchtbildung</b>	
71	ca. 10 % der Hülsen haben art- bzw. sortenspezifische Größe erreicht
73	ca. 30 % der Hülsen haben art- bzw. sortenspezifische Größe erreicht
75	ca. 50 % der Hülsen haben art- bzw. sortenspezifische Größe erreicht
77	ca. 70 % der Hülsen haben art- bzw. sortenspezifische Größe erreicht
79	fast alle Hülsen haben art- bzw. sortenspezifische Größe erreicht (Grünreife)
<b>Makrostadium 8: Frucht- und Samenreife</b>	
81	Beginn der Reife: ca. 10 % der Hülsen dunkel gefärbt
83	ca. 30 % der Hülsen dunkel gefärbt
85	Fortschreiten der Fruchtausfärbung; ca. 50 % der Hülsen sind dunkel gefärbt
87	ca. 70 % der Hülsen dunkel gefärbt
89	Vollreife: Alle Hülsen sind dunkel gefärbt. Samen trocken und hart
<b>Makrostadium 9: Absterben</b>	
97	Pflanze abgestorben
99 <sup>1</sup>	Erntegut

<sup>1</sup> Stadium zur Kennzeichnung von Nacherntebehandlungen, z.B. Vorratsschutz (außer Saatgutbehandlung = 00).

**Tab. A.6:** BBCH-Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien der Erbse (*Pisum sativum* L.)

Code	Erbse
<b>Makrostadium 0: Keimung</b>	
00	Trockener Samen
01	Beginn der Samenquellung
03	Ende der Samenquellung
05	Keimwurzel aus dem Samen ausgetreten
07	Sproß hat Samenschale durchbrochen
08	Sproß wächst zur Bodenoberfläche
09	Auflaufen: Sproß durchbricht Bodenoberfläche
<b>Makrostadium 1: Blattentwicklung (Hauptsproß)</b>	
(Bei deutlich sichtbarem Längenwachstum (Internodien gestreckt) ist auf die Codes des Makrostadiums 3 überzugehen.)	
10	2 schuppenförmige Niederblätter sichtbar
11	1. Laubblatt mit Stipeln (oder 1. Ranke entfaltet)
12	2. Laubblatt mit Stipeln + Ranke (oder 2. Ranke entfaltet)
13	3. Laubblatt mit Stipeln + komplexe Ranke entfaltet fortlaufend bis ...
19	9 und mehr Laubblätter entfaltet
<b>Makrostadium 3: Längenwachstum (Hauptsproß); Schossen</b>	
30	Beginn des Längenwachstums
31	1. sichtbar gestrecktes Internodium
32	2. sichtbar gestrecktes Internodium
33	3. sichtbar gestrecktes Internodium
34	4. sichtbar gestrecktes Internodium fortlaufend bis ...
39	9 und mehr sichtbar gestreckte Internodien
<b>Makrostadium 5: Erscheinen der Blütenanlagen (Hauptsproß); Rispenschieben</b>	
51	Erste Blütenknospen sichtbar
55	Erste, noch geschlossene Einzelblüten sichtbar
59	Zahlreiche noch geschlossene Einzelblüten. Erste Blütenblätter sichtbar
<b>Makrostadium 6: Blüte (Hauptsproß)</b>	
61	Beginn der Blüte: ca. 10 % der Blüten offen
63	ca. 30 % der Blüten offen
65	Vollblüte: ca. 50 % der Blüten offen
67	Abgehende Blüte
69	Ende der Blüte
<b>Makrostadium 7: Fruchtbildung</b>	
71	ca. 10 % der Hülsen haben art- bzw. sortenspezifische Größe erreicht
73	ca. 30 % der Hülsen haben art- bzw. sortenspezifische Größe erreicht
75	ca. 50 % der Hülsen haben art- bzw. sortenspezifische Größe erreicht
77	ca. 70 % der Hülsen haben art- bzw. sortenspezifische Größe erreicht
79	fast alle Hülsen haben art- bzw. sortenspezifische Größe erreicht; Samen voll ausgebildet (Grünreife)
<b>Makrostadium 8: Frucht- und Samenreife</b>	
81	ca. 10 % der Samen sind art- bzw. sortenspezifisch gefärbt, trocken und hart
83	ca. 30 % der Samen sind art- bzw. sortenspezifisch gefärbt, trocken und hart
85	ca. 50 % der Samen sind art- bzw. sortenspezifisch gefärbt, trocken und hart
87	ca. 70 % der Samen sind art- bzw. sortenspezifisch gefärbt, trocken und hart
89	Vollreife; Hülsen an der gesamten Pflanze trocken und braun. Samen trocken und hart (Trockenreife)
<b>Makrostadium 9: Absterben</b>	
97	Pflanze abgestorben
99 <sup>1</sup>	Erntegut

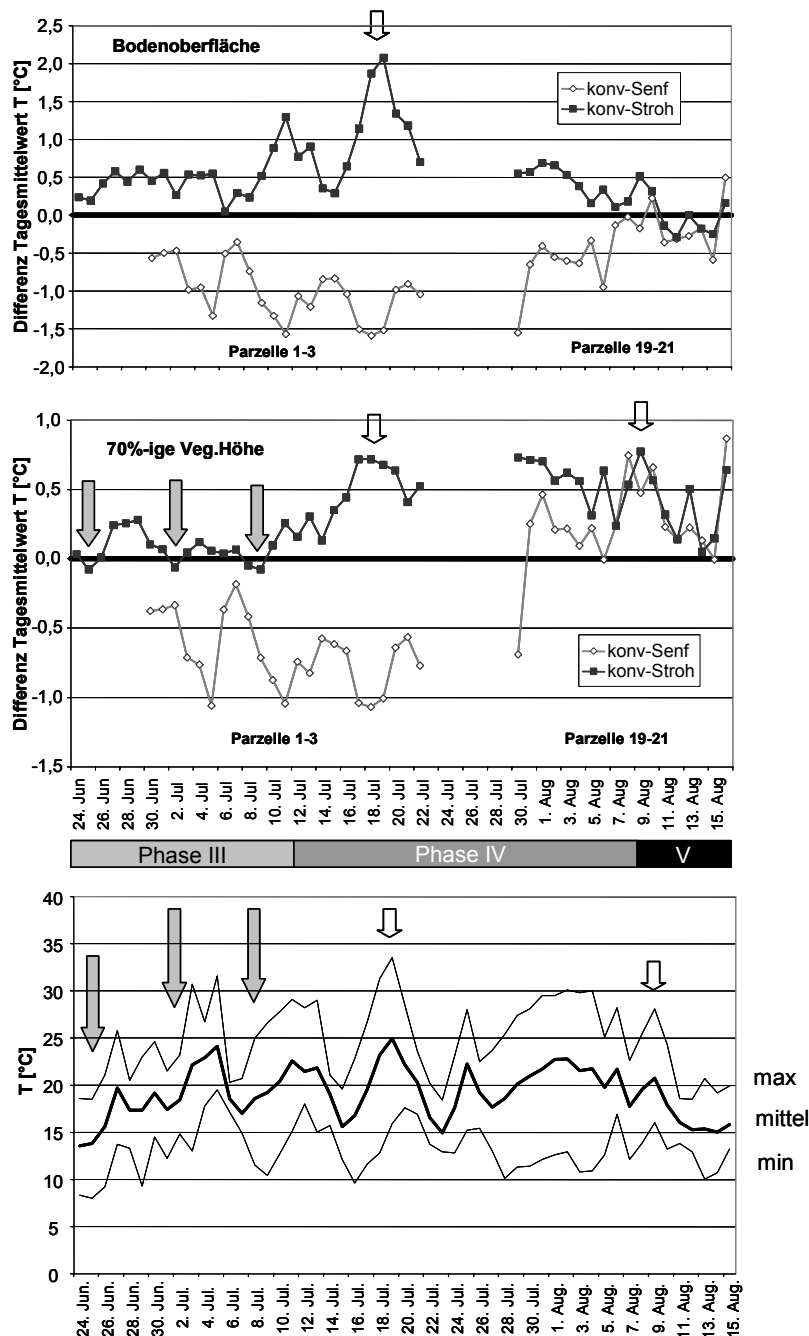
<sup>1</sup> Stadium zur Kennzeichnung von Nacherntebehandlungen, z.B. Vorratsschutz (außer Saatgutbehandlung = 00).



## 10.4 Mikroklima und Wetterdaten

### 10.4.1 Mikroklimatischer Variantenvergleich im Jahresverlauf unter Einbeziehung der allgemeinen Wetterbedingungen

#### 10.4.1.1 Lufttemperatur



**Abb. A.2:** Logger 1999: Ackerbohne; Lufttemperatur an der Bodenoberfläche + in 70%iger Vegetationshöhe, Variantenvergleich der Tagesmittelwerte; mit Entwicklungsphasen der Ackerbohne (Phase III-V; Erklärung im Text); Wettermast BBA 1999: Lufttemperatur in 2 m Höhe (maximal, mittel, minimal) im Untersuchungszeitraum (unten); weiße Pfeile: Variantenvergleich bei hohen Außentemperaturen, graue Pfeile: Variantenvergleich bei niedrigen Außentemperaturen

### **Lufttemperatur in der „Stroh“-Variante**

**Tab. A.7:** Maximale Differenzen der Lufttemperatur (mittlere Tagestemperatur) in verschiedenen Messhöhen (Bodenoberfläche, 70%ige Vegetationshöhe) zwischen „Stroh“ und „konventionell“ in den Jahren 1998-2000

#### **Kühlende Wirkung („Stroh“ < „konv“)**

	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>
Bodenoberfläche	1,6 °C, Anfang August	2,1 °C, Ende Juli	2,0 °C, Mitte Juni
70%ige Veg.-Höhe	1,2 °C, Mitte Juli + Anfang August	0,7 °C, Anfang August	keine Messung

#### **Wärmende Wirkung („Stroh“ > „konv“)**

	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>
Bodenoberfläche	keine	0,3 °C, Mitte August (Phase V)	0,1 °C, Ende Mai + Ende Juli / Anfang August
70%ige Veg.-Höhe	0,1-0,4 °C, April-Mai; Max. 2,5 °C, Ende Mai	0,1 °C, Ende Juni + Anfang Juli	keine Messung

Tab. A.8: Kühlender Lufttemperatureffekt „Stroh“ &lt; „konv“

**Kühlender Lufttemperatureffekt „Stroh“ < „konv“**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: warm, hohe Globalstrahlung, trocken  
 Höhe Kulturpflanzen: Phase II, vor allem Phase III / IV

**1998 (kühl + feucht)**

s. Abb. 4.68, im Anhang: Abb. A.13-A.16, Tab. A.7 u. Wochenberichte 1998

- Ende Mai - Anfang September (Pflanzen: Phase II-III) →  $\varnothing 0,4^{\circ}\text{C}$  „Stroh“ < „konv“ (in beiden Messhöhen)
- höchster kühlender Effekt: Mitte Juli – Mitte August (Pflanzen: Phase III) → Bodenoberfl.:  $\varnothing 0,8^{\circ}\text{C}$ , 70%-ige Veg.Höhe:  $\varnothing 0,6^{\circ}\text{C}$  „Stroh“ < „konv“, wenn wärmste Jahrestemp., hohe Globalstrahlung, wenig Niederschlag
- 20./21. Juli + 10./11. Aug.: tagesgenaue Übereinstimmung von  $\Delta$  max. Temp. „Stroh“ < „konv“ mit max. Lufttemp. d. Jahres ( $\varnothing 25^{\circ}\text{C}$ , Tagesmittel), max. Sommer-Globalstrahlung (700 Klux, tägl. Summe) und min. rel. Luftfeuchte d. Jahres (52%, Tagesmittel: 10./11. Aug.; 4.-20.8. kein Niederschlag)

**1999 (sehr warm + trocken)**

s. Abb. A.2, Abb. A.18-A.21, Tab. A.7 u. Wochenberichte 1999 im Anhang

- gesamter Versuchszeitraum Ende Juni - Mitte August (Pflanzen: Phase III-IV)  
→ Bodenoberfl.:  $\varnothing 0,6^{\circ}\text{C}$ , 70%-ige Veg.Höhe:  $\varnothing 0,4^{\circ}\text{C}$  „Stroh“ < „konv“
- höchster kühlender Effekt: Ende Juli - Anfang August (Pflanzen: Phase IV) → Bodenoberfl.:  $\varnothing 0,7^{\circ}\text{C}$ , 70%-ige Veg.Höhe:  $\varnothing 0,6^{\circ}\text{C}$  „Stroh“ < „konv“, wenn höchste mittlere Tagestemp u. geringste rel. Luftfeuchtigkeit
- 18./19. Juli: tagesgenaue Übereinstimmung von  $\Delta$  max. Temp. „Stroh“ < „konv“ mit max. Lufttemp. d. Jahres ( $\varnothing 25^{\circ}\text{C}$ , Tagesmittel)

**2000 (warm + trocken)**

s. Abb. 4.69, im Anhang: Abb. A.23-A.26, Tab. A.7 u. Wochenberichte 2000

- gesamter Versuchszeitraum Anfang Mai - Anfang August (Pflanzen: Phase II-III)  
→  $\varnothing 0,4^{\circ}\text{C}$  „Stroh“ < „konv“ (Bodenoberfl.)
- fast immer tagesgenaue Übereinstimmung von hoher  $\Delta$  Temp. „Stroh“ < „konv“ mit hoher Temperatur u. Globalstrahlung
- $\Delta$  max. Temp. „Stroh“ < „konv“ stimmt nicht ganz mit max. Lufttemp. d. Jahres ( $\varnothing 27^{\circ}\text{C}$ , Tagesmittel) überein, ABER: bei  $\Delta$  max. Temp. „Stroh“ < „konv“ herrschte sehr hohe Globalstrahlung (knapp 800 Klux) u. auch hohe Temp. ( $\varnothing 21^{\circ}\text{C}$ , Tagesmittel)

**Tab. A.9:** Wärmender Lufttemperatureffekt „Stroh“ > „konv“**Wärmender Lufttemperatureffekt „Stroh“>„konv“**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: kühl, niedrige Globalstrahlung, wechselhaft  
 Höhe Kulturpflanzen: Phase I + II oder V (Phase III)

**1998 (kühl + feucht):**

s. Abb. 4.68, im Anhang: Abb. A.13-A.16, Tab. A.7 u. Wochenberichte 1998

- Ende April – Ende Mai (Pflanzen: Phase I-II) → **Ø 0,4°C „Stroh“>„konv“** (70%-ige Veg.Höhe)
- 22. Mai: tagesgenaue Übereinstimmung von  $\Delta$  max. Temp. „Stroh“>„konv“ mit min. Lufttemp. des Jahres (Ø 9°C, Tagesmittel) u. niedriger Globalstrahlung (380 Klux, tägl. Summe)

**1999 (sehr warm + trocken):**

s. Abb. A.2, Abb. A.18-A.21, Tab. A.7 u. Wochenberichte 1999 im Anhang

- 3 Termine Ende Juni + Anfang Juli (25.6.; 2.7.; 8./9.7.) (Pflanzen: Phase III) → **Ø knapp 0,1°C „Stroh“>„konv“** (70%-ige Veg.Höhe), wenn niedrige Lufttemp. u. geringe Globalstrahlung
- 2. Woche im August (Pflanzen: Phase V; nach der Ernte) → **Ø 0,2°C „Stroh“>„konv“** (Bodenoberfl.), wenn zeitweise Niederschläge, kaum Sonne, verhältnismäßig kühl

**2000 (warm + trocken):**

s. Abb. 4.69, im Anhang: Abb. A.23-A.26, Tab. A.7 u. Wochenberichte 2000

- einige wenige Tage Ende Mai + Ende Juli / Anfang August (Pflanzen: Phase II+III) → **Ø 0,1°C „Stroh“>„konv“** (Bodenoberfl.)
- wenn kühl, wechselhaft, wenig Sonne

### Lufttemperatur in der „Senf“-Variante

**Tab. A.10:** Maximale Differenzen der Lufttemperatur (mittlere Tagestemperatur) in verschiedenen Messhöhen (Bodenoberfläche, 70%ige Vegetationshöhe) zwischen „Senf“ und „konventionell“ in den Jahren 1998-2000

#### Wärmende Wirkung („Senf“ > „konv“)

	1998	1999	2000
Bodenoberfläche	1,6 °C, Ende Juni	keine *	0,5 °C, Ende Mai
70%ige Veg.-Höhe	0,4 °C, Ende Juni		keine Messung

\* stattdessen Verstärkung der hohen Außentemperaturen

#### Verstärkung der hohen Außentemperaturen („Senf“ > „konv“)

	1998	1999	2000
Bodenoberfläche	keine	1,6 °C, Mitte+Ende Juli	1,8 °C, Mitte Juni
70%ige Veg.-Höhe		1,1 °C, Anfang+Mitte+Ende Juli	keine Messung

#### Kühlende Wirkung („Senf“ < konv“)

	1998	1999	2000
Bodenoberfläche	0,7 °C, Ende Juli	0,5 °C, Mitte August <sup>*1</sup>	0,4 °C, Ende Mai <sup>*1</sup>
70%ige Veg.-Höhe	0,7 °C, Anfang August	0,9 °C, Mitte August <sup>*1</sup>	keine Messung

(<sup>\*1</sup> Außentemperaturen zu diesen Zeitpunkten verhältnismäßig kühl, s. Abb. A.15 u. A.20 im Anhang)

Tab. A.11: Kühlender Lufttemperatureffekt „Senf“ &lt; „konv“

**Kühlender Lufttemperatureffekt „Senf“ < „konv“**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: warm, hohe Globalstrahlung, trocken  
 Höhe Kulturpflanzen: Phase II, vor allem Phase III / IV (V)

**1998 (kühl + feucht):**

s. Abb. 4.68, im Anhang: Abb. A.13-A.16, Tab. A.10 u. Wochenberichte 1998

- Mitte Juli - Mitte August (Pflanzen: Phase III) → Bodenoberfl.:  $\bar{\theta}$  **0,2°C**, 70%-ige Veg.Höhe: **0,3°C „Senf“ < „konv“**, wenn wärmste Jahrestemp., hohe Globalstrahlung, wenig Niederschlag; ABER mittlere Monatstemp. (Juli: 16,2°C; Aug.: 16,7°C) deutlich unter den Temp. im sehr warmen Jahr 99 (Juli: 19,6°C; Aug.: 17,5°C)
- an der Bodenoberfläche zusätzl. Anfang – Mitte Juli (Pfl: Phase III) →  $\bar{\theta}$  **0,1°C „Senf“ < „konv“**, wenn wechselhaft, kühl ↔ in diesem Zeitraum in 70%-iger Veg.Höhe wärmend

**1999 (sehr warm + trocken):**

s. Abb. A.2, Abb. A.18-A.21, Tab. A.10 u. Wochenberichte 1999 im Anhang

- Bodenoberfl.: 2 Termine in 2. Augustwoche (Pflanzen: Phase V, nach der Ernte) → **0,2-0,5°C „Senf“ < „konv“**
- 70%-ige Veg.Höhe: Anfang – Mitte August (Pflanzen: Phase IV-V) →  $\bar{\theta}$  **0,3°C „Senf“ < „konv“**
- 1. Woche im August: hochsommerlich warm; 2. Woche: zeitweise Niederschläge, kaum Sonne, nur mäßig warm

**2000 (warm + trocken):**

s. Abb. 4.69, im Anhang: Abb. A.23-A.26, Tab. A.10 u. Wochenberichte 2000

- einige Tage im Mai + Juni (Pflanzen: Phase II+III) →  $\bar{\theta}$  **0,1°C „Senf“ < „konv“** (Bodenoberfl.)
- an diesen Tagen moderat warme Temp. (10-20°C;  $\bar{\theta}$  15°C), obwohl der Mai 2000 ungewöhnlich warm, sehr sonnig + im Vergleich zum langjährigen Mittel zu trocken war

Tab. A.12: Wärmender Lufttemperatureffekt „Senf“ &gt; „konv“

**Wärmender Lufttemperatureffekt „Senf“ > „konv“**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: kühl, niedrige Globalstrahlung, wechselhaft  
 Höhe Kulturpflanzen: Phase II oder V (Phase III)

**1998 (kühl + feucht):**

s. Abb. 4.68, im Anhang: Abb. A.13-A.16, Tab. A.10 u. Wochenberichte 1998

- Bodenoberfl.: Ende Juni (Pflanzen: Phase III) →  $\bar{\varnothing} 0,8^{\circ}\text{C}$  „Senf“ > „konv“ + Ende August / Anfang Sept. (Pflanzen: Phase V) →  $\bar{\varnothing}$  knapp  $0,1^{\circ}\text{C}$  „Senf“ > „konv“, wenn min. mittl. Tagestemp., hohe rel. Luftfeuchte u. niedrige Globalstrahlung
- 70%-ige Veg.Höhe: Ende Juni – Mitte Juli (Pflanzen: Phase III) →  $\bar{\varnothing} 0,1^{\circ}\text{C}$  „Senf“ > „konv“, wenn wechselhaft, zeitweise merklich zu kühl für die Jahreszeit, häufige Niederschläge

**1999 (sehr warm + trocken):**

s. Abb. A.2, Abb. A.18-A.21, Tab. A.10 u. Wochenberichte 1999 im Anhang

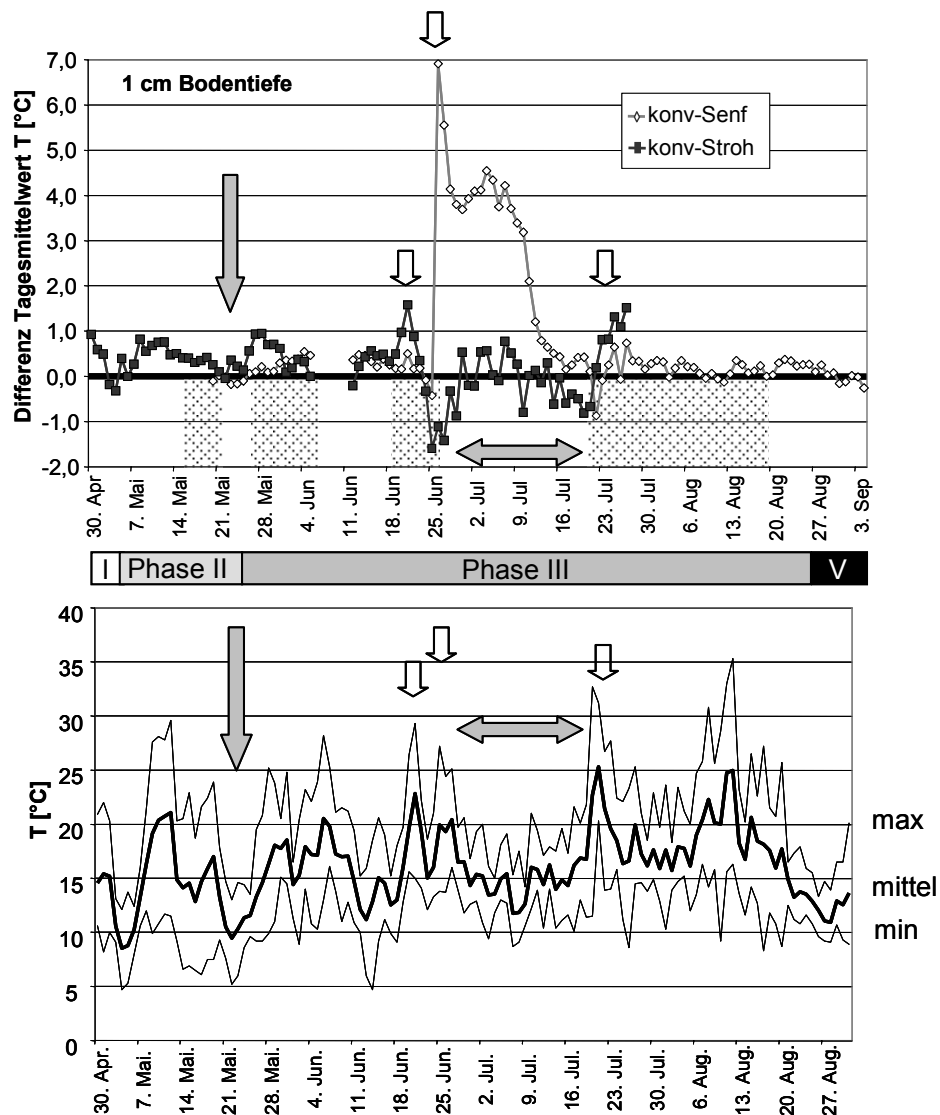
- Bodenoberfl.: Ende Juni – Mitte August (Pflanzen: Phase III-IV [V]) →  $\bar{\varnothing} 0,8^{\circ}\text{C}$  „Senf“ > „konv“ (2. Augustwoche 2 Termine „kühlend“, s.o.; Phase V)
- 70%-ige Veg.Höhe: Ende Juni – Ende Juli (Pflanzen: Phase III-IV) →  $\bar{\varnothing} 0,7^{\circ}\text{C}$  „Senf“ > „konv“, wenn sehr warm ( $\bar{\varnothing} 20^{\circ}\text{C}$ , mittl. Tagesmax.  $34^{\circ}\text{C}$ ), trocken, hohe Globalstrahlung
- ⇨ NICHT WÄRMEND, sondern VERSTÄRKUNG DER HOHEN AUßENTEMPERATUREN

**2000 (warm + trocken):**

s. Abb. 4.69, im Anhang: Abb. A.23-A.26, Tab. A.10 u. Wochenberichte 2000

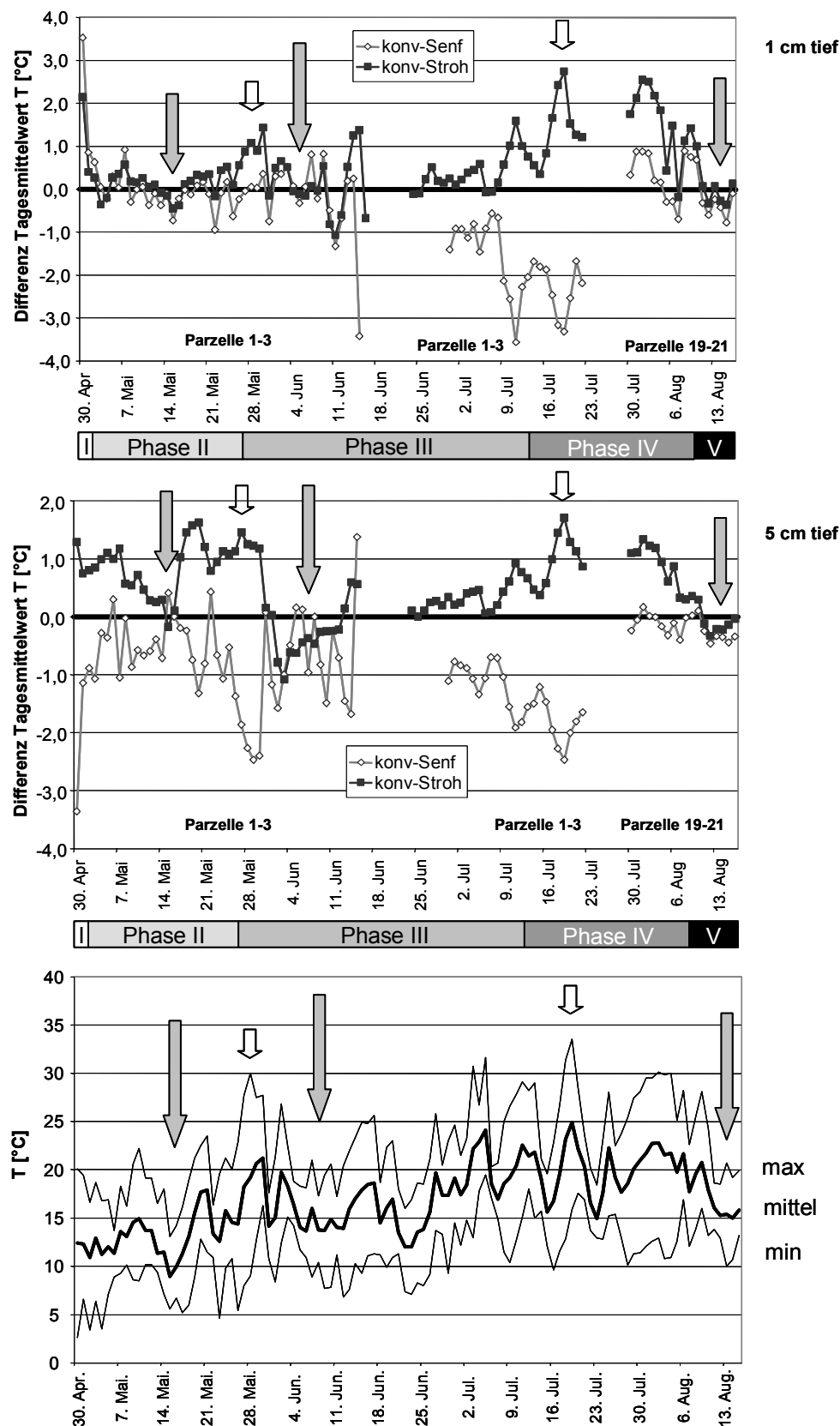
- einige Tage im Mai und Anfang Juni (Pflanzen: Phase II [-III]) →  $\bar{\varnothing} 0,2^{\circ}\text{C}$  „Senf“ > „konv“ (Bodenoberfl.), wenn wechselhaft, wenig Sonne, relativ kühl  
 ⇨ WÄRMEND
- bis auf einige Ausnahmen von Anfang Mai – Anfang August (Pflanzen: Phase II-III) im „Senf“ beinahe durchgehend wärmer →  $\bar{\varnothing} 0,4^{\circ}\text{C}$  „Senf“ > „konv“, am wärmsten Juni - Juli (Pflanzen: Phase III) →  $\bar{\varnothing} 0,6^{\circ}\text{C}$  „Senf“ > „konv“, wenn warm ( $\bar{\varnothing} 17^{\circ}\text{C}$ , mittl. Tagesmax.  $22,5^{\circ}\text{C}$ ), trocken, hohe Globalstrahlung  
 ⇨ NICHT WÄRMEND, sondern VERSTÄRKUNG DER HOHEN AUßENTEMPERATUREN

## 10.4.1.2 Bodentemperatur



**Abb. A.3:** Logger 1998: Bodentemperatur in 1 cm Tiefe, Variantenvergleich der Tagesmittelwerte. Schraffierte Fläche: warme und trockene Tage; mit Entwicklungsphasen der Ackerbohne (Phase I-V; Erklärung im Text); Wettermast BBA 1998: Lufttemperatur in 2 m Höhe (maximal, mittel, minimal) im Untersuchungszeitraum (unten); weiße Pfeile: Variantenvergleich bei hohen Außentemperaturen, graue Pfeile: Variantenvergleich bei niedrigen Außentemperaturen





**Abb. A.4:** Logger 1999: Ackerbohne; Bodentemperatur in 1 + 5 cm Tiefe, Variantenvergleich der Tagesmittelwerte; mit Entwicklungsphasen der Ackerbohne (Phase I-IV; Erklärung im Text); Wettermast BBA 1999: Lufttemperatur in 2 m Höhe (maximal, mittel, minimal) im Untersuchungszeitraum (unten); weiße Pfeile: Variantenvergleich bei hohen Außentemperaturen, graue Pfeile: Variantenvergleich bei niedrigen Außentemperaturen

### Bodentemperatur in der „Stroh“-Variante

**Tab. A.13:** Maximale und durchschnittliche Differenzen der Bodentemperatur (mittlere Tagestemperatur) in verschiedenen Tiefen (1 + 5 cm) zwischen „Stroh“ und „konventionell“ in den Jahren 1998 und 1999

#### Kühlende Wirkung („Stroh“ < „konv“)

	1998		1999	
	Max.	Ø	Max.	Ø
1 cm Tiefe	1,6 °C, Mitte Juni	0,7-1,2 °C	2,7 °C, Mitte Juli	1,0-2,1 °C
5 cm Tiefe	keine Messung		1,7 °C, Mitte Juli	0,8-1,2

#### Wärmende Wirkung („Stroh“ > „konv“)

	1998		1999	
	Max.	Ø	Max.	Ø
1 cm Tiefe	1,6 °C, Ende Juni	0,3-0,9 °C	gut 1 °C, Mitte Juni	0,3-0,8 °C
5 cm Tiefe	keine Messung		1 °C, Anfang Juni	0,2-0,5 °C

Tab. A.14: Kühlender Bodentemperatureffekt „Stroh“ &lt; „konv“

**Kühlender Bodentemperatureffekt „Stroh“ < „konv“**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: warm, hohe Globalstrahlung, trocken  
 Höhe Kulturpflanzen: Phase I-III / IV, vor allem Phase III / IV

**1998 (kühl + feucht), 1 cm Bodentiefe**

s. Abb. A.3, Abb. A.13-A.16, Tab. A.13 u. Wochenberichte 1998 im Anhang

- Ende April – Ende Juli (Pflanzen: Phase I-III) →  $\bar{\varnothing} 0,7^{\circ}\text{C}$  „Stroh“ < „konv“, mit Ausnahme Ende Juni – Mitte Juli + 2 Tage Anfang Mai
- höchster kühlender Effekt: Mitte Juni u. Ende Juli (Pflanzen: Phase III) →  $\bar{\varnothing} 1,2^{\circ}\text{C}$  „Stroh“ < „konv“, wenn hohe Lufttemp., hohe Globalstrahlung, wenig Niederschlag, geringe rel. Luftfeuchte

**1999 (sehr warm + trocken)**

s. Abb. A.4, Abb. A.18-A.21, Tab. A.13 u. Wochenberichte 1999 im Anhang

**1 cm Bodentiefe**

- an den meisten Tagen von Ende April – Anfang August (Pflanzen: Phase I-IV) →  $\bar{\varnothing} 1^{\circ}\text{C}$  „Stroh“ < „konv“,
- höchster kühlender Effekt: Mitte Juli – Anfang August (Pflanzen: Phase IV) →  $\bar{\varnothing} 2,1^{\circ}\text{C}$  „Stroh“ < „konv“
- wenn hohe Lufttemp., hohe Globalstrahlung, wenig Niederschlag, geringe rel. Luftfeuchte

**5 cm Bodentiefe**

- an den meisten Tagen von Ende April – Anfang August (Pflanzen: Phase I-IV) →  $\bar{\varnothing} 0,8^{\circ}\text{C}$  „Stroh“ < „konv“,
- höchster kühlender Effekt: Ende Mai u. Mitte Juli (Pfl.: Phase II-III) - Anfang August (Pfl.: Phase IV) →  $\bar{\varnothing} 1,2^{\circ}\text{C}$  „Stroh“ < „konv“
- wenn hohe Lufttemp., hohe Globalstrahlung, wenig Niederschlag, geringe rel. Luftfeuchte

**Tab. A.15:** Wärmender Bodentemperatureffekt „Stroh“ > „konv“**Wärmender Bodentemperatureffekt „Stroh“>„konv“**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: kühl, wechselhaft  
 Höhe Kulturpflanzen: Phase I + III

**1998 (kühl + feucht): 1 cm Bodentiefe**

s. Abb. A.3, Abb. A.13-A.16, Tab. A.13 u. Wochenberichte 1998 im Anhang

- Ende Juni – Mitte Juli (Pflanzen: Phase III) → **Ø 0,9°C „Stroh“>„konv“**
- 2 Tage Anfang Mai (Pflanzen: Phase I) → **Ø 0,3°C „Stroh“>„konv“**
- im Boden waren die äußeren Klimaattribute nicht so eindeutig wie bei der Lufttemp. zuzuordnen, allg. galt nur: wärmender Bodentemperatureffekt, **wenn** geringe Lufttemp. u. meist hohe Globalstrahlung; rel. Luftfeuchte war hoch oder niedrig, zeitweise Niederschläge

**1999 (sehr warm + trocken):**

s. Abb. A.4, Abb. A.18-A.21, Tab. A.13 u. Wochenberichte 1999 im Anhang

**1 cm Bodentiefe**

- einige Tage im Mai (Pflanzen: Phase II), v.a. Mitte Juni (Pfl.: Phase III) u. Mitte August (Pfl.: Phase V) → **Ø 0,5°C „Stroh“>„konv“** (Juni: **Ø 0,8°C**; Aug.: **Ø 0,3°C „Stroh“>„konv“**)
- **wenn** geringe Lufttemp., hohe rel. Luftfeuchte, geringe Globalstrahlung

**5 cm Bodentiefe**

- einige Tage im Mai (Pflanzen: Phase II), v.a. Anfang – Mitte Juni (Pfl.: Phase III) u. Mitte Aug. (Pfl.: Phase V) → **Ø 0,4°C „Stroh“>„konv“** (Juni: **Ø 0,5°C**; Aug.: **Ø 0,2°C „Stroh“>„konv“**)
- **wenn** geringe Lufttemp., hohe rel. Luftfeuchte, geringe Globalstrahlung

### Bodentemperatur in der „Senf“-Variante

**Tab. A.16:** Maximale und durchschnittliche Differenzen der Bodentemperatur (mittlere Tagestemperatur) in verschiedenen Tiefen (1 + 5 cm) zwischen „Senf“ und „konventionell“ in den Jahren 1998 und 1999

#### Wärmende Wirkung („Senf“ > „konv“)

	1998		1999	
	Max.	Ø	Max.	Ø
1 cm	keine		1,3 °C, Mitte Juni	1,2 °C
5 cm	keine Messung		3,4 °C, Ende April	1,1 °C

#### Verstärkung der hohen Außentemperaturen („Senf“ > „konv“)

	1998		1999	
	Max.	Ø	Max.	Ø
1 cm	0,9 °C, Mitte Juli	0,6 °C	3,6 °C, Mitte Juli	1,8 °C
5 cm	keine Messung		2,5 °C, Mitte Juli	1,8 °C

#### Kühlende Wirkung („Senf“ < konv“)

	1998		1999	
	Max.	Ø	Max.	Ø
1 cm	7 °C, Ende Juni	1,2-5,1 °C	0,9 °C, Anfang Aug.	0,8 °C
5 cm	keine Messung		1,4 °C, Mitte Juni	0,8 °C

#### Verstärkung der niedrigen Außentemperaturen („Senf“ < „konv“)

	1998		1999	
	Max.	Ø	Max.	Ø
1 cm	4,6 °C, Anf. Juli	4 °C	3,5 °C, Ende April	1,3 °C
5 cm	keine Messung		0,4 °C, Mitte Mai	0,4 °C

Tab. A.17: Kühlender Bodentemperatureffekt „Senf“ &lt; „konv“

**Kühlender Bodentemperatureffekt „Senf“ < „konv“**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: warm, hohe Globalstrahlung, trocken  
 Höhe Kulturpflanzen: Phase I-III, vor allem Phase III / IV

**1998 (kühl + feucht): 1 cm Bodentiefe**

s. Abb. A.3, Abb. A.13-A.16, Tab. A.16 u. Wochenberichte 1998 im Anhang

- Ende April – Ende August (Pflanzen: Phase I-III) →  $\bar{\theta} 1,2^{\circ}\text{C}$  „Senf“ < „konv“, bis auf 2 Termine im Juni u. Juli („Senf“ > „konv“) u. oft „Senf“ annähernd = „konv“
- höchster kühlender Effekt: Ende Juni (Pflanzen: Phase III) →  $\bar{\theta} 5,1^{\circ}\text{C}$  „Senf“ < „konv“, wenn hohe Lufttemp., hohe Globalstrahlung, wenig Niederschlag, geringe rel. Luftfeuchte
- Anfang Juli auch hoher kühlender Effekt →  $\bar{\theta} 4^{\circ}\text{C}$  „Senf“ < „konv“, wenn niedrige Lufttemp., hohe rel. Luftfeuchte, wechselhaft u. niedrige Globalstrahlung ⇒ NICHT KÜHLEND, sondern VERSTÄRKUNG DER NIEDRIGEN AUßENTEMPERATUREN

**1999 (sehr warm + trocken)**

s. Abb. A.4, Abb. A.18-A.21, Tab. A.16 u. Wochenberichte 1999 im Anhang

**1 cm Bodentiefe**

- nur einige Tage Mai – Mitte Juni (Pflanzen: Phase II-III) u. Ende Juli – Anfang August (Pfl.: Phase IV) →  $\bar{\theta} 0,8^{\circ}\text{C}$  „Senf“ < „konv“, wenn mäßig hohe Lufttemp., geringe rel. Luftfeuchte ⇒ KÜHLEND
- einige Tage Ende April / Anfang Mai (Pflanzen: Phase I) →  $\bar{\theta} 1,3^{\circ}\text{C}$  „Senf“ < „konv“, wenn geringe Lufttemp. ⇒ NICHT KÜHLEND, sondern VERSTÄRKUNG DER NIEDRIGEN AUßENTEMPERATUREN

**5 cm Bodentiefe**

- nur 2 Tage Mitte Juni (Pflanzen: Phase III) u. Anfang August (Pfl.: Phase IV) →  $\bar{\theta} 0,8^{\circ}\text{C}$  „Senf“ < „konv“, wenn mäßig hohe Lufttemp., geringe rel. Luftfeuchte ⇒ KÜHLEND
- 3 Termine im Mai (Pflanzen: Phase II) →  $\bar{\theta} 0,4^{\circ}\text{C}$  „Senf“ < „konv“, wenn geringe Lufttemp., hohe rel. Luftfeuchte ⇒ NICHT KÜHLEND, sondern VERSTÄRKUNG DER NIEDRIGEN AUßENTEMPERATUREN

Tab. A.18: Wärmender Bodentemperatureffekt „Senf“ &gt; „konv“

**Wärmender Bodentemperatureffekt „Senf“ > „konv“**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: kühl, niedrige Globalstrahlung, wechselhaft  
 Höhe Kulturpflanzen: Phase I + II oder V (Phase III)

**1998 (kühl + feucht): 1 cm Bodentiefe**

s. Abb. A.3, Abb. A.13-A.16, Tab. A.16 u. Wochenberichte 1998 im Anhang

- nur 2 Termine Ende Juni und Ende Juli →  $\varnothing 0,6^{\circ}\text{C}$  „Senf“ > „konv“, wenn hohe Lufttemp. u. hohe Globalstrahlung; rel. Luftfeuchte / Niederschlag war hoch oder niedrig

⇒ NICHT WÄRMEND, sondern VERSTÄRKUNG DER HOHEN AUßENTEMPERATUREN

**1999 (sehr warm + trocken)**

s. Abb. A.4, Abb. A.18-A.21, Tab. A.16 u. Wochenberichte 1999 im Anhang

**1 cm Bodentiefe**

- nur einige Tage Ende April – Mitte Juni (Pflanzen: Phase I-III) u. Ende Juli – Anfang August (Pfl.: Phase IV) →  $\varnothing 1,2^{\circ}\text{C}$  „Senf“ > „konv“, wenn niedrige Lufttemp. u. hohe rel. Luftfeuchte  
 ⇒ WÄRMEND

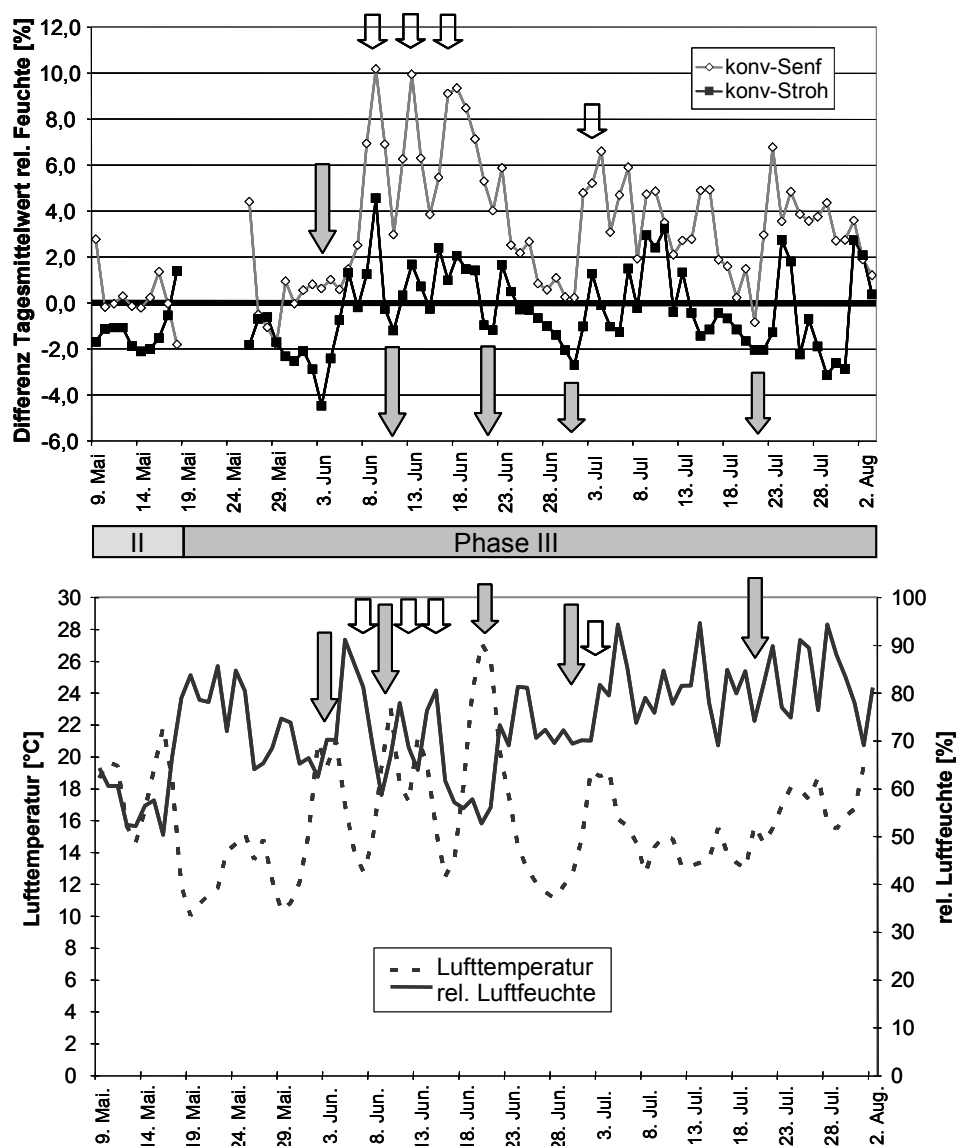
- höchster temperaturerhöhender Effekt: Mitte Juni (Pflanzen: Phase III) u. Mitte Juli (Pfl.: Phase III / IV) →  $\varnothing 1,8^{\circ}\text{C}$  „Senf“ > „konv“, wenn hohe Lufttemp., hohe Globalstrahlung, wenig Niederschlag, geringe rel. Luftfeuchte ⇒ NICHT WÄRMEND, sondern VERSTÄRKUNG DER HOHEN AUßENTEMPERATUREN

**5 cm Bodentiefe**

- Ende April – Mitte August (Pflanzen: Phase I-V), bis auf wenige Ausnahmen im Mai, Juni u. Ende Juli („Senf“ < „konv“) →  $\varnothing 1,1^{\circ}\text{C}$  „Senf“ > „konv“, wenn niedrige Lufttemp. u. hohe rel. Luftfeuchte ⇒ WÄRMEND

- höchster temperaturerhöhender Effekt: Ende Mai (Pflanzen: Phase III) u. Mitte Juli (Pfl.: Phase IV) →  $\varnothing 1,8^{\circ}\text{C}$  „Senf“ > „konv“, wenn hohe Lufttemp., hohe Globalstrahlung, wenig Niederschlag, geringe rel. Luftfeuchte ⇒ NICHT WÄRMEND, sondern VERSTÄRKUNG DER HOHEN AUßENTEMPERATUREN

### 10.4.1.3 Relative Luftfeuchtigkeit



**Abb. A.5:** Logger 2000: Ackerbohne; relative Luftfeuchtigkeit an der Bodenoberfläche, Variantenvergleich der Tagesmittelwerte; mit Entwicklungsphasen der Ackerbohne (Phase I-V; Erklärung im Text); Wettermast BBA 2000: relative Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur in 2 m Höhe (Tagesmittelwerte) im Untersuchungszeitraum; weiße Pfeile: Variantenvergleich bei hoher rel. Luftfeuchte und niedrigen Außentemperaturen, graue Pfeile: Variantenvergleich bei niedriger rel. Luftfeuchte und hohen Außentemperaturen



### Relative Luftfeuchtigkeit in der „Stroh“-Variante

**Tab. A.19:** Maximale Differenzen der relativen Luftfeuchtigkeit (mittlerer Tageswert) in verschiedenen Messhöhen (Bodenoberfläche, 70%ige Vegetationshöhe) zwischen „Stroh“ und „konventionell“ in den Jahren 1998-2000

#### Feuchtigkeitshaltende Wirkung („Stroh“ > „konv“)

	1998	1999	2000
Bodenoberfläche	10 %, Anfang August	15 %, Mitte Juli	5 %, Anfang Juni
70%ige Veg.-Höhe	4 %, Mitte Juli	7 %, Mitte Juli	keine Messung

#### Trocken haltende Wirkung („Stroh“ < „konv“)

	1998	1999	2000
Bodenoberfläche	2 %, Anfang Juli	2 %, Anfang August (Phase IV), 3 %, Mitte August (Phase V)	5 %, Anfang Juni
70%ige Veg.-Höhe	6 %, Anfang Juli	1 %, Anfang August (Phase IV)	keine Messung

**Tab. A.20:** Feucht haltender Effekt (Erhöhung der Luftfeuchte) „Stroh“ > „konv“**Feucht haltender Effekt (Erhöhung der Luftfeuchte) „Stroh“>„konv“**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: warm, hohe Globalstrahlung, trocken  
 Höhe Kulturpflanzen: Phase III (+II)

**1998 (kühl + feucht):**

s. Abb. 4.70, im Anhang: Abb. A.13-A.16, Tab. A.19 u. Wochenberichte 1998

- höchster feucht haltender Effekt: Mitte Juli - Mitte August (Pflanzen: Phase III) → Bodenoberfl.:  $\varnothing$  3%, 70%-ige Veg.Höhe:  $\varnothing$  1,5% **„Stroh“>„konv“**, wenn wärmste Jahrestemp., hohe Globalstrahlung, wenig Niederschlag, geringste rel. Luftfeuchte d. Jahres
- Mitte – Ende Mai (Pflanzen: Phase II) ganz geringfügig →  $\varnothing$  0,2% **„Stroh“>„konv“** (70%-ige Veg.Höhe), wenn höchste Jahres-Globalstrahlung; obwohl wechselhaft u. meist nur mäßig warm, war der Mai insgesamt zu trocken, noch vor August der trockenste Monat d. Jahres

**1999 (sehr warm + trocken):**

s. Abb. 4.71, im Anhang: Abb. A.18-A.21, Tab. A.19 u. Wochenberichte 1999

- Ende Juni - Anfang August (Pflanzen: Phase III-IV) im „Stroh“ durchgehend feuchter als in „konv“, vor allem im Juli → Bodenoberfl.:  $\varnothing$  8%, 70%-ige Veg.Höhe:  $\varnothing$  4% **„Stroh“>„konv“**
- tagesgenaue Übereinstimmung von  $\Delta$  max. Feuchte „Stroh“>„konv“ mit max. Lufttemp. d. Jahres u. geringer rel. Luftfeuchte

**2000 (warm + trocken):**

s. Abb. A.5, Abb. A.23-A.26, Tab. A.19 u. Wochenberichte 2000 im Anhang

- das Jahr 2000 unterlag bei den Klimawerten relativ großen Schwankungen, was sich v.a. in der rel. Luftfeuchte der „Stroh“-Variante widerspiegelte
- die Werte von feuchter bzw. trockener als „konv“ schwankten tageweise hin und her (Mai – August; Pflanzen: Phase II-III) u. lagen in ähnlichem Bereich
- in der Mehrzahl d. Fälle (55 Tage „Stroh“>„konv“ gegen 25 Tage „Stroh“<„konv“) war es im „Stroh“ jedoch feuchter als in „konv“ →  $\varnothing$  1,7% **„Stroh“>„konv“** (Bodenoberfl.; Pflanzen: Phase II-III);  $\Delta$  max. Feuchte „Stroh“>„konv“: Anfang Juni
- tagesgenaue Übereinstimmung von großer  $\Delta$  Feuchte „Stroh“>„konv“ mit hoher Lufttemp., hoher Globalstrahlung u. geringer rel. Luftfeuchte

**Tab. A.21:** Trocken haltender Effekt (Herabsetzung der Luftfeuchte) „Stroh“ < „konv“**Trocken haltender Effekt (Herabsetzung der Luftfeuchte) „Stroh“ < „konv“**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: kühl, niedrige Globalstrahlung, hohe Luftfeuchte + Niederschlag  
 Höhe Kulturpflanzen: Phase I + II oder V (Phase III)

**1998 (kühl + feucht)**

s. Abb. 4.70, im Anhang: Abb. A.13-A.16, Tab. A.19 u. Wochenberichte 1998

- Ende April – Anfang Juli, mit Ausnahme Ende Mai u. Ende Juni, wo es warm u. trocken war (Pflanzen: Phase I-III) + Mitte August – Anfang September (Pflanzen: Phase III+V) → Bodenoberfl.:  $\bar{\sigma}$  1,4%, 70%-ige Veg.Höhe:  $\bar{\sigma}$  2,3% **„Stroh“ < „konv“**
- wenn niedrige Lufttemp., niedrige Globalstrahlung, große tägl. Niederschlagssumme, hohe rel. Luftfeuchte

**1999 (sehr warm + trocken)**

s. Abb. 4.71, im Anhang: Abb. A.18-A.21, Tab. A.19 u. Wochenberichte 1999

- Anfang – Mitte August (Pflanzen: Phase IV u. vor allem V) → Bodenoberfl.:  $\bar{\sigma}$  1,9%, 70%-ige Veg.Höhe:  $\bar{\sigma}$  1% **„Stroh“ < „konv“**,
- wenn niedrige Lufttemp., hohe rel. Luftfeuchte, niedrige Globalstrahlung

**2000 (warm + trocken)**

s. Abb. A.5, Abb. A.23-A.26, Tab. A.19 u. Wochenberichte 2000 im Anhang

- die Werte von feuchter bzw. trockener als „konv“ schwankten tageweise hin und her (Mai – August; Pflanzen: Phase II-III)
- weniger Tage trockener (25 Tage „Stroh“ < „konv“) als feuchter (55 Tage „Stroh“ > „konv“) →  $\bar{\sigma}$  1,8% **„Stroh“ < „konv“** (Bodenoberfl.);  $\Delta$  min. Feuchte „Stroh“ < „konv“: Anfang Juni
- tagesgenaue Übereinstimmung von großer  $\Delta$  Feuchte „Stroh“ < „konv“ mit niedriger Lufttemp., niedriger Globalstrahlung u. hoher rel. Luftfeuchte

### Relative Luftfeuchtigkeit in der „Senf“-Variante

**Tab. A.22:** Maximale Differenzen der relativen Luftfeuchtigkeit (mittlerer Tageswert) in verschiedenen Messhöhen (Bodenoberfläche, 70%ige Vegetationshöhe) zwischen „Senf“ und „konventionell“ in den Jahren 1998-2000

#### Feuchtigkeitshaltende Wirkung („Senf“ > „konv“)

	1998	1999	2000
Bodenoberfläche	3 %, Mitte Juli	keine	keine
70%ige Veg.-Höhe	7 %, Ende Juni	1,5 %, Ende Juli	keine Messung

#### Verstärkung der hohen „Außenfeuchtigkeit“ („Senf“ > „konv“)

	1998	1999	2000
Bodenoberfläche	keine	keine	2 %, Mitte Mai
70%ige Veg.-Höhe		2 %, Anf. Aug. (Phase IV); 10 %, Mitte Aug. (Phase V)	keine Messung

#### Trocken haltende Wirkung („Senf“ < konv“)

	1998	1999	2000
Bodenoberfläche	13 %, Ende Juni	keine	7 %, Mitte Juli
70%ige Veg.-Höhe	6 %, Mitte Juli		keine Messung

#### Verstärkung der hohen „Außentrockenheit“ („Senf“ < „konv“)

	1998	1999	2000
Bodenoberfläche	2 %, Mitte August	11 %, Mitte Juli	10 %, Anfang Juni
70%ige Veg.-Höhe	2 %, Mitte August	6 %, Mitte Juli	keine Messung

**Tab. A.23:** Feucht haltender Effekt (Erhöhung der Luftfeuchte) „Senf“ > „konv“**Feucht haltender Effekt (Erhöhung der Luftfeuchte) „Senf“ > „konv“**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: warm, hohe Globalstrahlung, trocken  
 Höhe Kulturpflanzen: Phase III (+II)

**1998 (kühl + feucht):**

s. Abb. 4.70, im Anhang: Abb. A.13-A.16, Tab. A.22 u. Wochenberichte 1998

- Bodenoberfl.: Mitte Juli – Anfang August (Pflanzen: Phase III) →  $\varnothing$  **1,6% „Senf“ > „konv“**
- 70%-ige Veg.Höhe: Ende Juni (Pflanzen: Phase III) →  $\varnothing$  **4,7% „Senf“ > „konv“**
- wenn wärmste Jahrestemp., hohe Globalstrahlung, wenig Niederschlag, geringste rel. Luftfeuchte d. Jahres

**1999 (sehr warm + trocken):**

s. Abb. 4.71, im Anhang: Abb. A.18-A.21, Tab. A.22 u. Wochenberichte 1999

- 70%-ige Veg.Höhe: einige Tage im August (Pflanzen: Phase IV u. vor allem V) →  $\varnothing$  **3,3% „Senf“ > „konv“** (Pflanzen Phase V: 9,7% „Senf“ > „konv“)
- wenn hohe Lufttemp., hohe Globalstrahlung, wenig Niederschlag, niedrige rel. Luftfeuchte (aber keine Extremwerte wie im Juli)
- VERSTÄRKUNG DER HOHEN AUßENFEUCHTE: 1 Termin Mitte August (Pflanzen: Phase V) → Bodenoberfl.:  $\varnothing$  **0,5%**, 70%-ige Veg.Höhe:  $\varnothing$  **9,7% „Senf“ > „konv“**, wenn geringe Lufttemp., hohe rel. Luftfeuchte, sehr hoher Niederschlag, geringe Globalstrahlung; v.a. in 70%-ige Veg.Höhe, ganz gering auch an Bodenoberfl.

**2000 (warm + trocken):**

s. Abb. A.5, Abb. A.23-A.26, Tab. A.22 u. Wochenberichte 2000 im Anhang

- nur wenige Termine, hauptsächlich im Mai, 1 im Juli (Pflanzen: Phase II-III) →  $\varnothing$  **1,4%**, (Bodenoberfl.)
- wenn niedrige Lufttemp., hohe rel. Luftfeuchte, niedrige Globalstrahlung
- $\Rightarrow$  NICHT feucht haltend, sondern VERSTÄRKUNG DER HOHEN AUßENFEUCHTE

**Tab. A.24:** Trocken haltender Effekt (Herabsetzung der Luftfeuchte) „Senf“ < „konv“**Trocken haltender Effekt (Herabsetzung der Luftfeuchte) „Senf“ < „konv“**

Wenn: Allg. Klimabedingungen: kühl, niedrige Globalstrahlung, hohe Luftfeuchte + Niederschlag  
 Höhe Kulturpflanzen: Phase I + II oder V (Phase III)

**1998 (kühl + feucht):**

s. Abb. 4.70, im Anhang: Abb. A.13-A.16, Tab. A.22 u. Wochenberichte 1998

- Bodenoberfl.: Ende Juni - Mitte Juli + August- Anfang Sept. (Pflanzen: Phase III+V) → **Ø 1,6% „Senf“ < „konv“**
- 70%-ige Veg.Höhe: Ende Juni – Anfang Sept. (Pflanzen: Phase III+V) → **Ø 3,1% „Senf“ < „konv“**,
- **wenn** niedrige Lufttemp., niedrige Globalstrahlung, große tägl. Niederschlagssumme, hohe rel. Luftfeuchte

**1999 (sehr warm + trocken)**

s. Abb. 4.71, im Anhang: Abb. A.18-A.21, Tab. A.22 u. Wochenberichte 1999

- Ende Juni - Mitte August (Pflanzen: Phase III-IV) durchgehend trockener als in „konv“, v.a. im Juli → Bodenoberfl.: **Ø 5,5% (Juli: Ø 7,1%)**, 70%-ige Veg.Höhe: **Ø 2,8% (Juli: Ø 3,5%)** **„Senf“ < „konv“**
- tagesgenaue Übereinstimmung von  $\Delta$  max. Feuchte „Senf“ < „konv“ mit max. Lufttemp. d. Jahres, geringer rel. Luftfeuchte u. kaum Niederschlag
- Ausnahme: 70%-ige Veg.Höhe im August (Pflanzen: Phase IV u. vor allem V) einige Tage feuchter (s.o.)

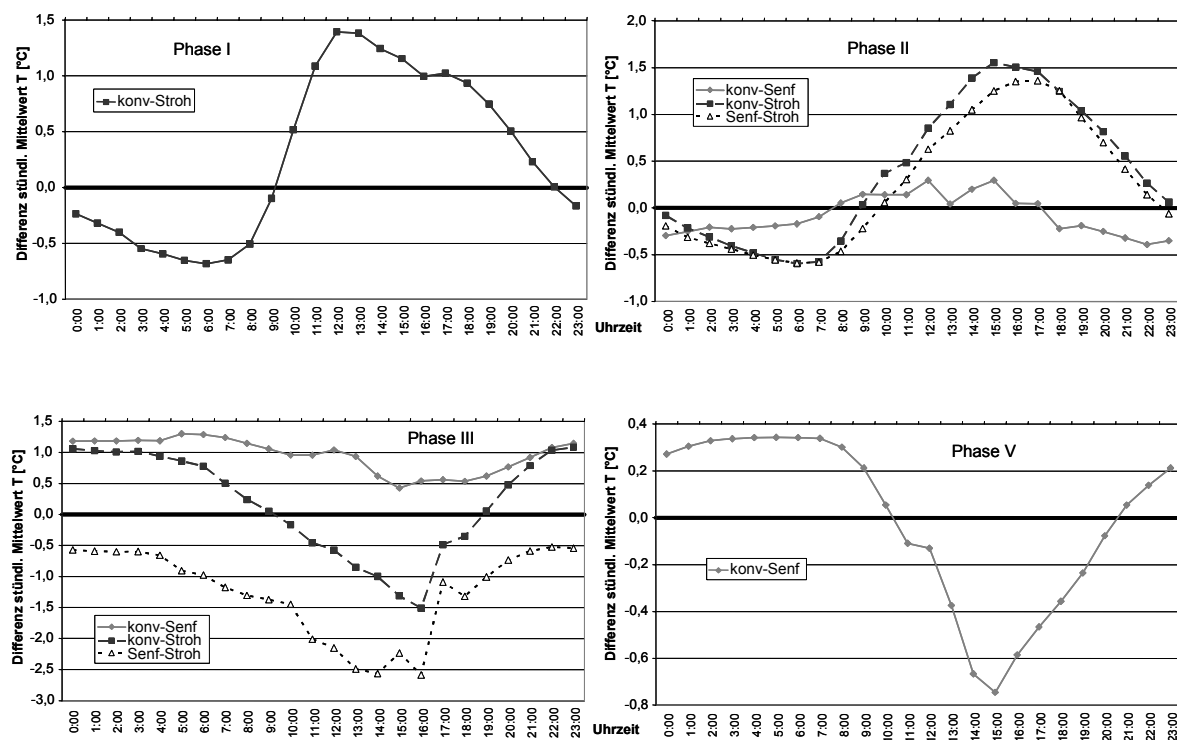
**2000 (warm + trocken)**

s. Abb. A.5, Abb. A.23-A.26, Tab. A.22 u. Wochenberichte 2000 im Anhang

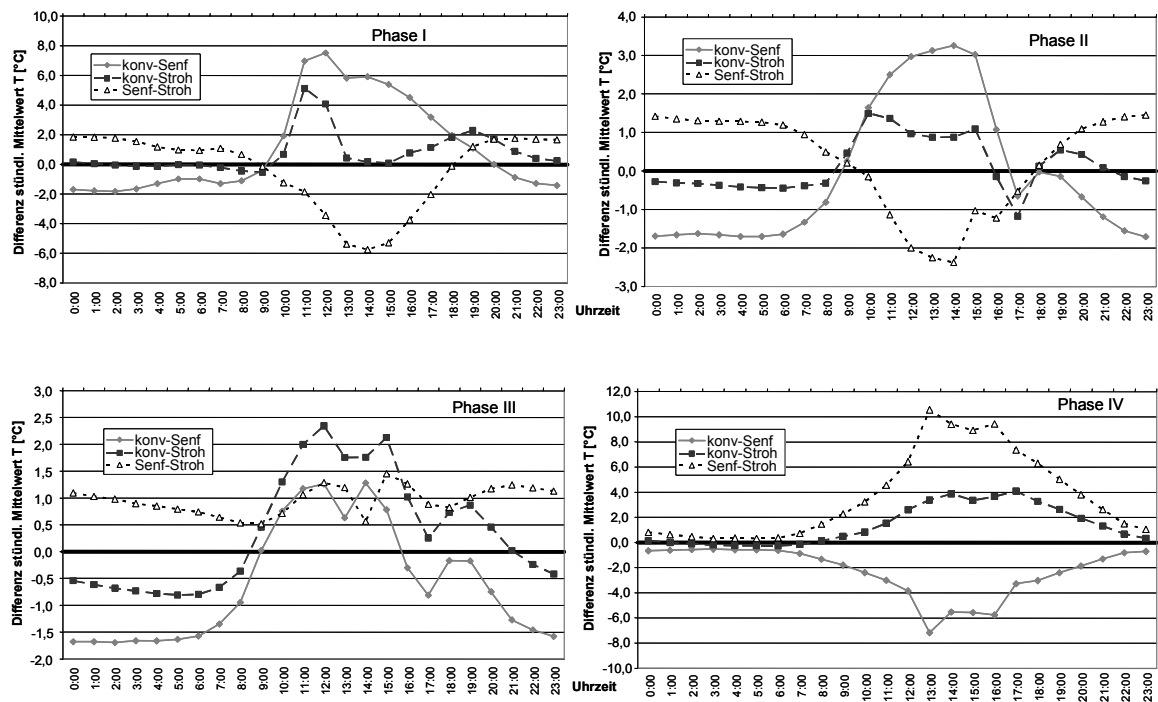
- Mai – Anfang August (Pflanzen: Phase II-III) fast durchgehend trockener als in „konv“, v.a. im Juni → **Ø 3,9% (Juni: Ø 4,6%)** **„Senf“ < „konv“** (Bodenoberfl.)
- einige Termine im Mai + Juni, **wenn** hohe oder niedrige Lufttemp., geringe rel. Luftfeuchte, kein Niederschlag u. hohe Globalstrahlung ⇒ NICHT trocken haltend, sondern VERSTÄRKUNG DER HOHEN AUßENTROCKENHEIT → **Ø 4,1% (max. 10,2%)** **„Senf“ < „konv“** (Bodenoberfl.)
- einige Termine Anfang Juni + Anfang Juli, **wenn** hohe oder niedrige Lufttemp., hohe rel. Luftfeuchte, hohe tägl. Niederschlagssumme u. rel. hohe Globalstrahlung ⇒ TROCKEN HALTEND → **Ø 4,4% (max. 6,9%)** **„Senf“ < „konv“** (Bodenoberfl.)

## 10.4.2 Mikroklimatischer Variantenvergleich in Bezug auf die Tageszeit, unter Berücksichtigung der Kulturpflanzenentwicklung

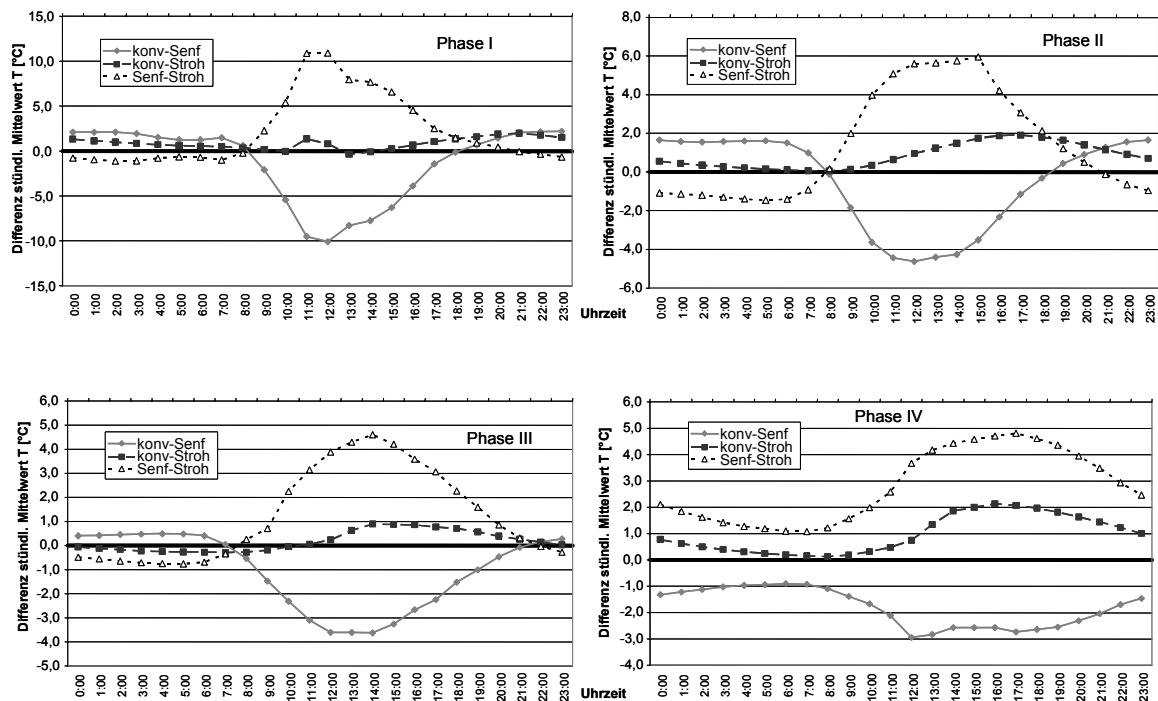
### Bodentemperatur



**Abb. A.6:** Logger 1998: Bodentemperatur in 1 cm Tiefe, tageszeitlicher Variantenvergleich; Phase I-IV; Phase I: 30.4.-3.5.98, EC 0-9, keine Pflanzenbedeckung / Phase II: 5.5.-25.5.98, EC 10-33, Pflanzenhöhe bis 20 cm / Phase III: 26.5.-26.8.98, EC 34-89, Pflanzenhöhe bis 120 cm / Phase V: nach der Ernte 27.8.-15.9.98 (Ernte: 26.8.98, EC 89-97)



**Abb. A.7:** Logger 1999: Bodentemperatur in 1 cm Tiefe, tageszeitlicher Variantenvergleich; Phase I-IV; Phase I: 30.4.-1.5.99, EC 0-9, keine Pflanzenbedeckung / Phase II: 2.5.-26.5.99, EC 10-25, Pflanzenhöhe bis 20 cm / Phase III: 27.5.-12.7.99, EC 26-70, Pflanzenhöhe bis 120 cm / Phase IV: 13.7.-28.7.99, EC 71-79, Pflanzenhöhe bis 138 cm



**Abb. A.8:** Logger 1999: Bodentemperatur in 5 cm Tiefe, tageszeitlicher Variantenvergleich; Phase I-IV; Phase I: 30.4.-1.5.99, EC 0-9, keine Pflanzenbedeckung / Phase II: 2.5.-26.5.99, EC 10-25, Pflanzenhöhe bis 20 cm / Phase III: 27.5.-12.7.99, EC 26-70, Pflanzenhöhe bis 120 cm / Phase IV: 13.7.-28.7.99, EC 71-79, Pflanzenhöhe bis 138 cm



### 10.4.3 Monatsübersicht 1997-2001

**Tab. A.25:** Verschiedene Klimawerte im langjährigen Durchschnitt (1961-1990) in den einzelnen Monaten; aus: Agrarmeteorologischer Wochenbericht Braunschweig, Herausgeber: Deutscher Wetterdienst, Agrarmeteorologische Forschung Braunschweig, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig; Monatsmittel: Lufttemperatur, tiefste Temperatur am Erdboden, rel. Luftfeuchtigkeit; Monatssumme: Sonnenscheindauer, Globalstrahlung, Niederschlag, Verdunstung

	Langjährige(s) Monatsmittel / Monatssumme *											
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
Lufttemp [°C] in 2 m Höhe	0,4	1,0	4,0	7,9	12,7	15,8	17,1	17,0	13,9	9,8	4,9	1,7
Tiefste Temp. am Erdb. [°C]	-3,4	-3,4	-1	1,5	5,3	8,8	10,5	10,1	7,9	4,6	1,1	-1,6
Sonnenscheindauer (Stunden)	45 *	68 *	108 *	117,4 *	209 *	206 *	198 *	199 *	139 *	104 *	53 *	34 *
Globalstrahlung [J/cm²]	7124*	12932*	25022*	37839*	53364*	54770*	52605*	46089*	30398*	18040*	8062*	5045*
Rel. Luftfeuchte [%]	85	83	78	74	71	73	74	73	78	82	84	86
Niederschlag [mm]	45 *	36 *	44 *	48 *	58 *	74 *	58 *	66 *	47 *	40 *	49 *	54 *
Verdunstung [mm]	9 *	13 *	24 *	52 *	78 *	81 *	84 *	88 *	55 *	33 *	15 *	9 *

**Tab. A.26:** Abweichung verschiedener Klimawerte vom langjährigen Durchschnitt (1961-1990) in den einzelnen Monaten 1997; aus: Agrarmeteorologischer Wochenbericht Braunschweig, Herausgeber: Deutscher Wetterdienst, Agrarmeteorologische Forschung Braunschweig, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

	Abweichung vom langjährigen Mittel / Summe											
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
Lufttemp [°C] in 2 m Höhe	-2,4	+4,3	+2,0	-1,0	+0,2	+0,6	+0,8	+4,1	+0,2	-1,5	-0,5	+1,0
Tiefste Temp. am Erdb. [°C]	-2,5	+4,4	+2,4	-1,4	+1,2	-0,5	+1,0	+2,6	-1,1	-1,7	+0,3	+1,4
Sonnenscheindauer (Stunden)	+19	+20	+8	+38	+10	+67	+18	+70	+56	+18	-9	-9
Globalstrahlung [J/cm²]	+991	+635	-812	+4446	+2183	+10203	+3459	+10327	+6983	+2092	-794	-585
Rel. Luftfeuchte [%]	+2	-5	+2	-4	+3	-5	+3	-5	-4	-3	-1	-1
Niederschlag [mm]	-32	+45	+11	-5	+19	-14	+13	-41	-33	+2	+6	+11
Verdunstung [mm]	+/-0	+7	+2	-4	-9	+15	-2	+51	+18	+2	+1	+5

**Tab. A.27:** Abweichung verschiedener Klimawerte vom langjährigen Durchschnitt (1961-1990) in den einzelnen Monaten 1998; aus: Agrarmeteorologischer Wochenbericht Braunschweig, Herausgeber: Deutscher Wetterdienst, Agrarmeteorologische Forschung Braunschweig, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

	Abweichung vom langjährigen Mittel / Summe											
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
Lufttemp [°C] in 2 m Höhe	+3,5	+5,0	+1,9	+1,8	+1,7	+0,7	-0,9	-0,3	-0,1	-1,0	-2,8	+0,3
Tiefste Temp. am Erdb. [°C]	+4,2	+4,8	+2,4	+3,1	+2,3	+2,5	+0,8	+0,8	+0,8	+1,2	-2,0	+0,4
Sonnenschein- dauer (Stunden)	+16	+19	+1	-49	+18	-31	-52	-13	-48	-46	-16	+28
Globalstrahlung [J/cm²]	-261	+533	-509	-4816	+5039	-1519	-4758	+1761	-3842	-4724	-440	+990
Rel. Luftfeuchte [%]	-6	-9	-4	+3	-1	+3	+3	-1	+8	+2	+8	+/-0
Niederschlag [mm]	-8	-28	+13	+31	-11	+18	+7	+1	+6	+107	-6	-17
Verdunstung [mm]	+9	+9	+6	-8	+17	-10	-16	+4	-18	-12	-7	+2

**Tab. A.28:** Abweichung verschiedener Klimawerte vom langjährigen Durchschnitt (1961-1990) in den einzelnen Monaten 1999; aus: Agrarmeteorologischer Wochenbericht Braunschweig, Herausgeber: Deutscher Wetterdienst, Agrarmeteorologische Forschung Braunschweig, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

	Abweichung vom langjährigen Mittel / Summe											
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
Lufttemp [°C] in 2 m Höhe	+3,6	+0,5	+2,1	+2,0	+1,3	-0,2	+2,5	+0,5	+4,0	+/-0	-0,2	+1,9
Tiefste Temp. am Erdb. [°C]	+3,9	+0,8	+2,2	+2,3	+1,2	-0,1	+1,9	+0,7	+2,4	+0,7	+0,1	+2,4
Sonnenschein- dauer (Stunden)	+4	-26	-4	+28	+39	+51	+55	-19	+76	+1	+10	+1
Globalstrahlung [J/cm²]	-183	-1106	-471	+6078	+8315	+9963	+10891	+527	+9071	+2291	+822	-395
Rel. Luftfeuchte [%]	+1	+10	-1	-2	-6	-3	-10	-5	-9	-1	+1	-4
Niederschlag [mm]	+9	+22	-1	-8	-6	-7	-42	-11	-5	+/-0	-33	+/-0
Verdunstung [mm]	+5	-6	+4	+7	+18	+6	+52	+14	+47	-2	-1	+4

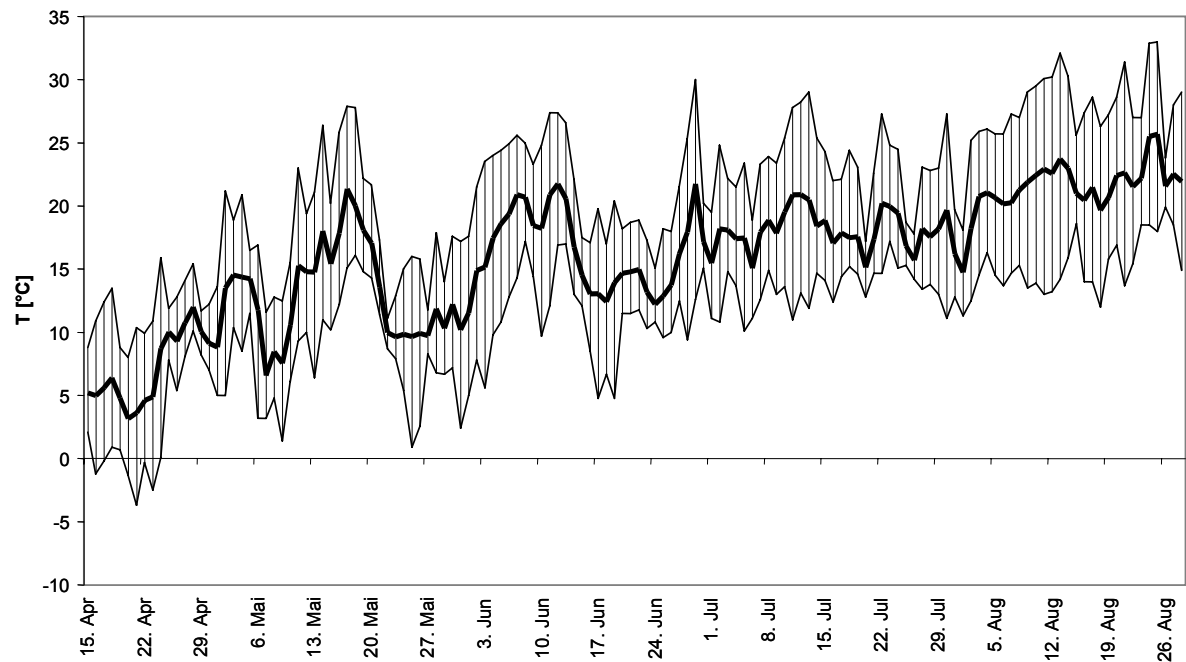
**Tab. A.29:** Abweichung verschiedener Klimawerte vom langjährigen Durchschnitt (1961-1990) in den einzelnen Monaten 2000; aus: Agrarmeteorologischer Wochenbericht Braunschweig, Herausgeber: Deutscher Wetterdienst, Agrarmeteorologische Forschung Braunschweig, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

	Abweichung vom langjährigen Mittel / Summe											
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
Lufttemp [°C] in 2 m Höhe	+2,1	+4,0	+1,7	+2,9	+2,4	+1,4	-1,5	+0,8	+0,6	+1,7	+2,6	+2,4
Tiefste Temp. am Erdb. [°C]	+2,5	+4,7	+3,4	+2,4	+2,1	+1,5	+0,6	+1,1	+1,1	+2,0	+1,3	+2,2
Sonnenschein- dauer (Stunden)	+26	+8	-42	+11	+65	+22	-92	+18	-15	+5	+18	+32
Globalstrahlung [J/cm²]	+572	+614	-4661	+3627	+8212	+6756	-9578	+4757	-943	+1339	+1679	+1442
Rel. Luftfeuchte [%]	-1	-5	+5	-3	-7	-9	+4	-2	+2	+1	-5	-3
Niederschlag [mm]	+1	+16	+49	-13	-13	-52	+20	-30	-7	-7	-16	-21
Verdunstung [mm]	+3	+7	-5	+18	+32	+33	-21	+13	-4	+6	+8	+6

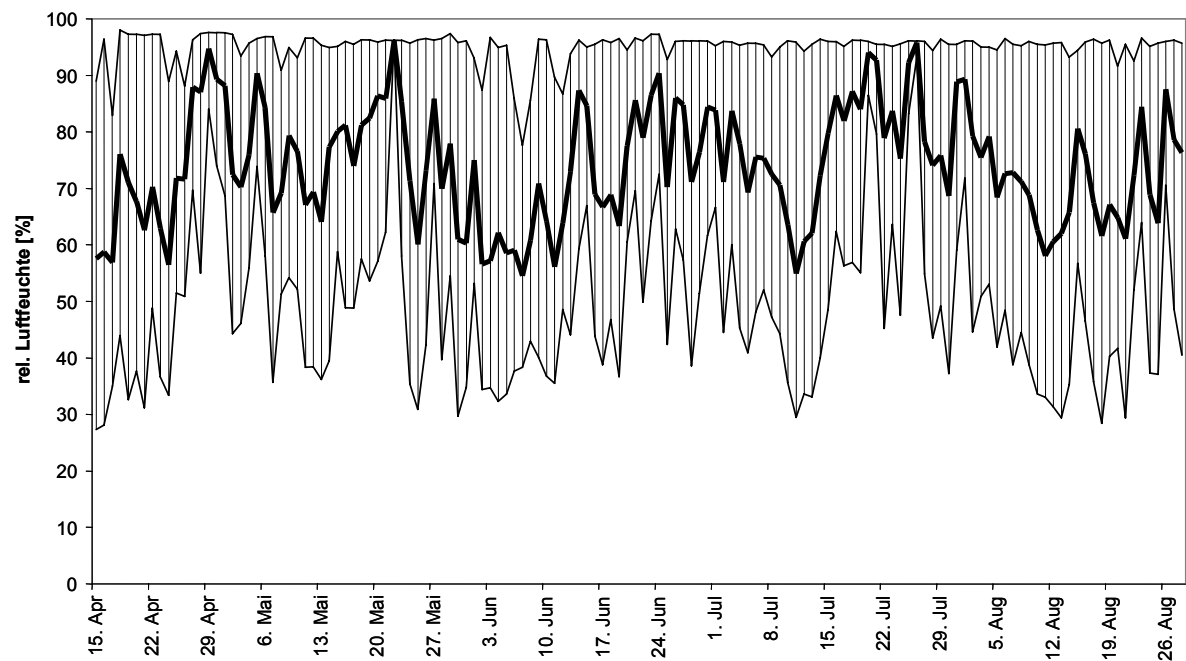
**Tab. A.30:** Abweichung verschiedener Klimawerte vom langjährigen Durchschnitt (1961-1990) in den einzelnen Monaten 2001; aus: Agrarmeteorologischer Wochenbericht Braunschweig, Herausgeber: Deutscher Wetterdienst, Agrarmeteorologische Forschung Braunschweig, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

	Abweichung vom langjährigen Mittel / Summe											
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
Lufttemp [°C] in 2 m Höhe	+1,1	+1,8	-0,4	+0,1	+1,7	-1,6	+1,9	+2,1	-1,4	+3,3	+0,5	-1,3
Tiefste Temp. am Erdb. [°C]	+1,2	+2,4	+1,0	+/-0	+0,9	-1,0	+1,6	+1,9	+0,1	+3,1	+0,5	-2,0
Sonnenschein- dauer (Stunden)	+7	-1	-35	+16,8	+78	-41	+58	+3	-70	-1	-5	-4
Globalstrahlung [J/cm²]	-93	+330	-2596	+438	+12699	-1858	+10317	+1165	-7223	+1251	+120	-359
Rel. Luftfeuchte [%]	+2	+/-0	+5	+1	-5	+5	-3	-3	+11	+3	+5	+5
Niederschlag [mm]	-4	-7	+20	-1,5	-44	+22	+11	-17	+102	+1	-3	+26
Verdunstung [mm]	+1	+2	-5	-3,9	+29	-11	+31	+28	-26	+4	-2	-3

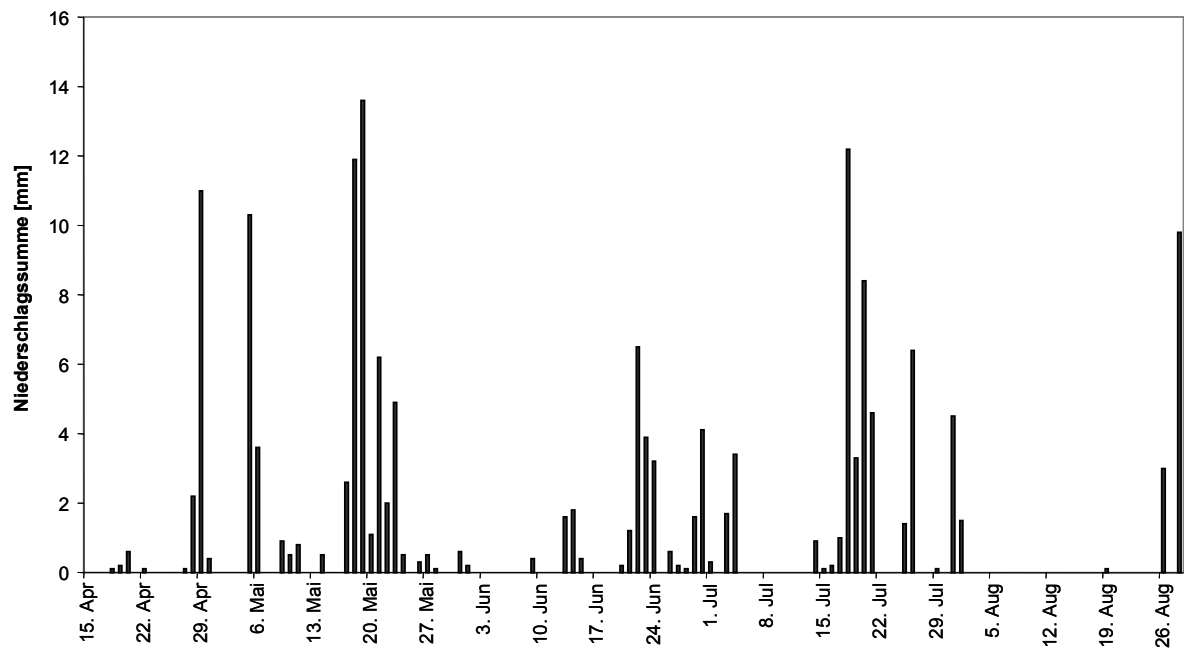
#### 10.4.4 Wettermast 1997



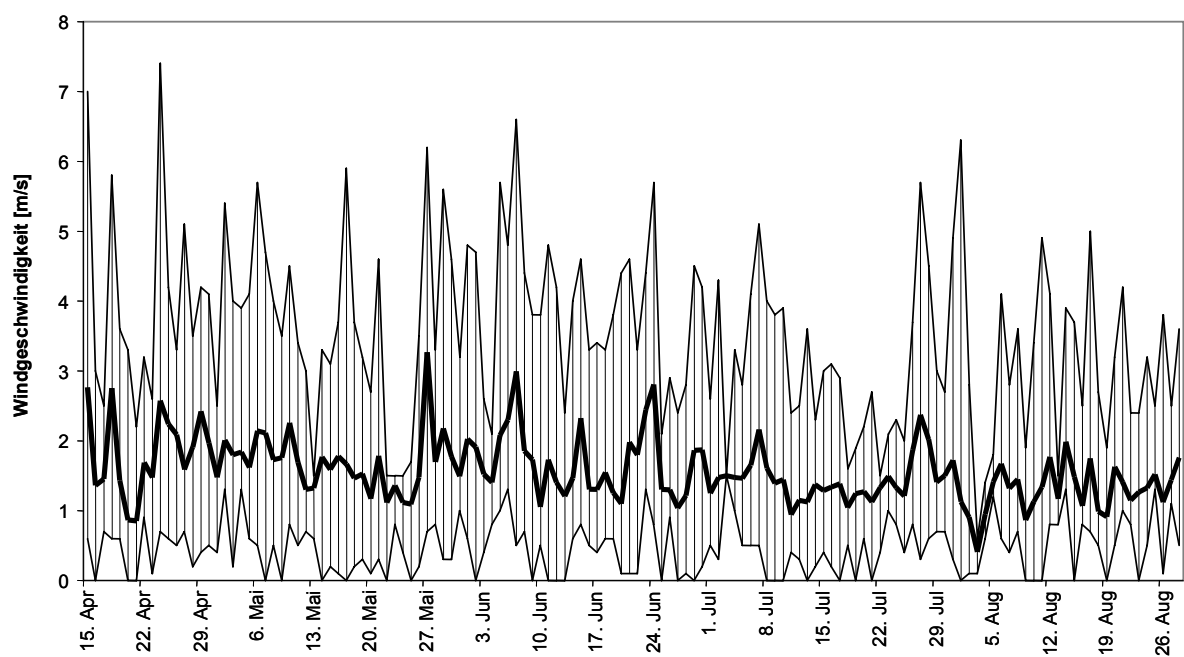
**Abb. A.9:** Wettermast BBA 1997: Lufttemperatur in 2 m Höhe (maximal, mittel, minimal) im Untersuchungszeitraum



**Abb. A.10:** Wettermast BBA 1997: relative Luftfeuchtigkeit in 2 m Höhe (maximal, mittel, minimal) im Untersuchungszeitraum

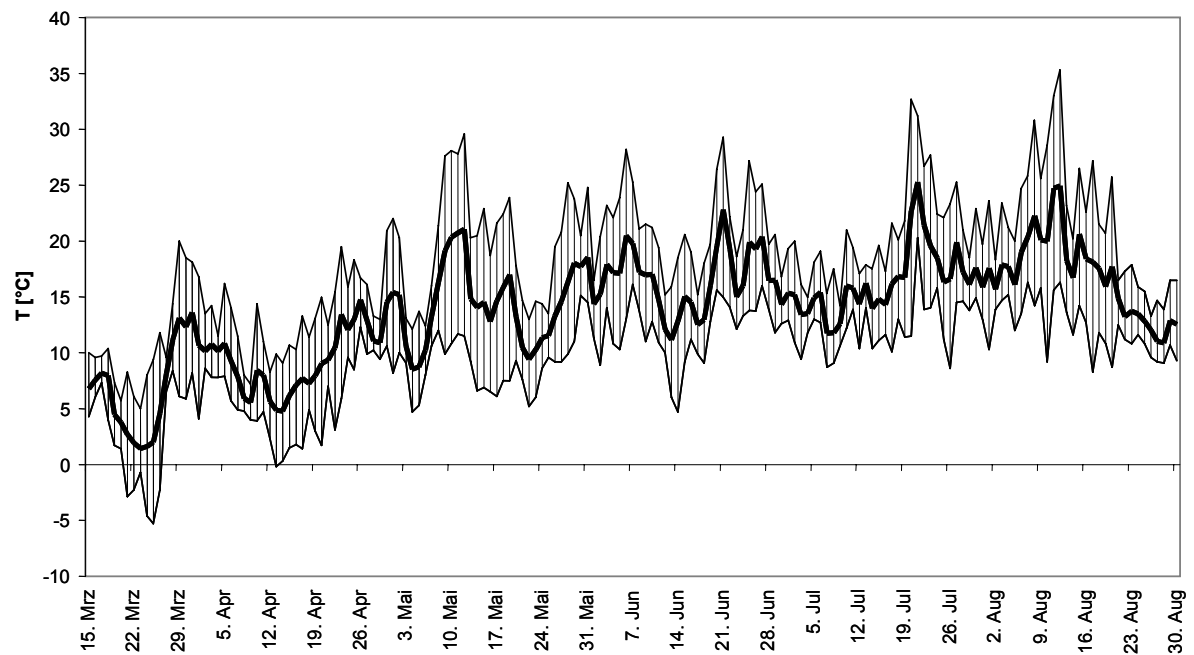


**Abb. A.11:** Wettermast BBA 1997: tägliche Niederschlagssumme im Untersuchungszeitraum

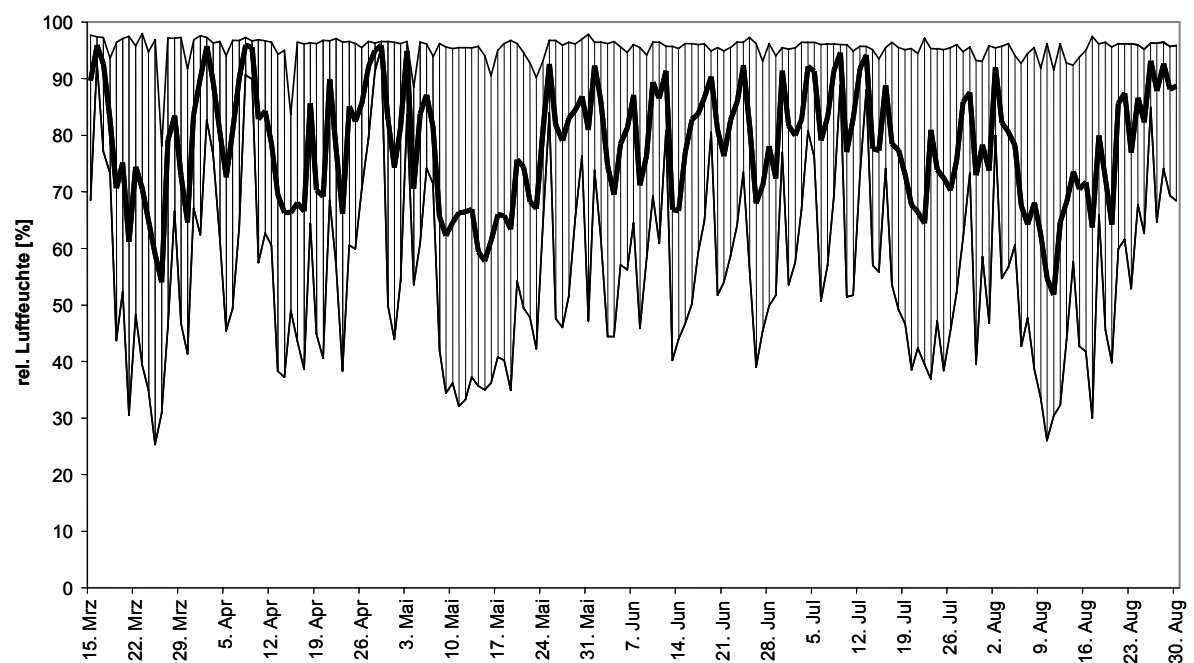


**Abb. A.12:** Wettermast BBA 1997: Windgeschwindigkeit (maximal, mittel, minimal) im Untersuchungszeitraum

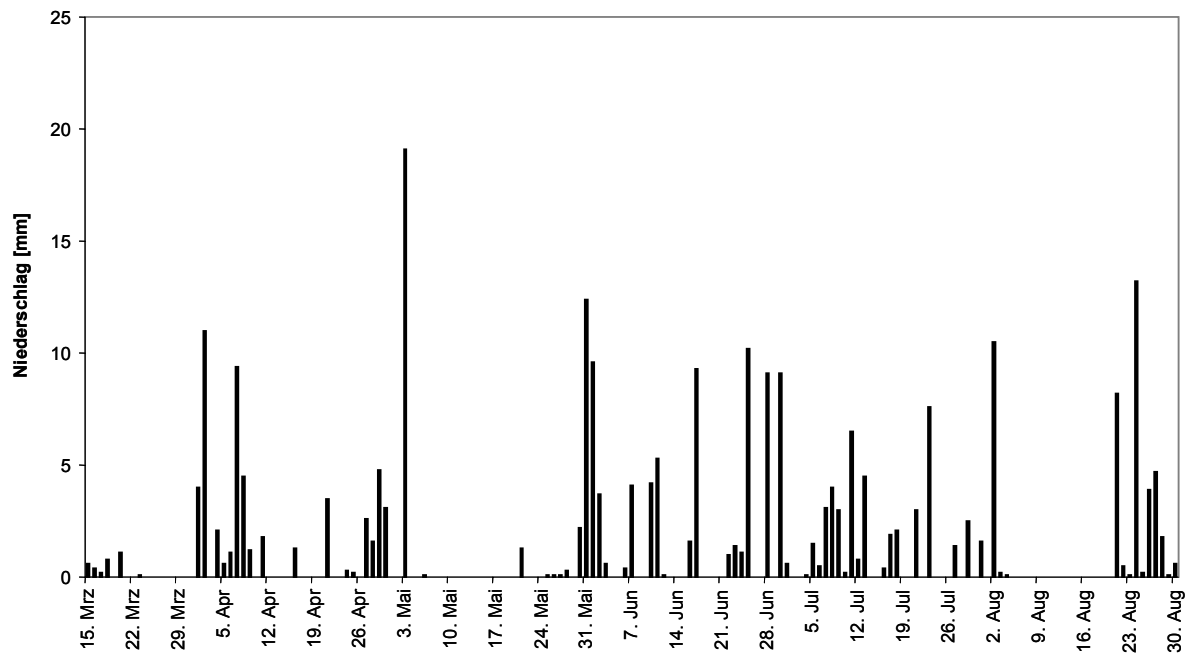
### 10.4.5 Wettermast 1998



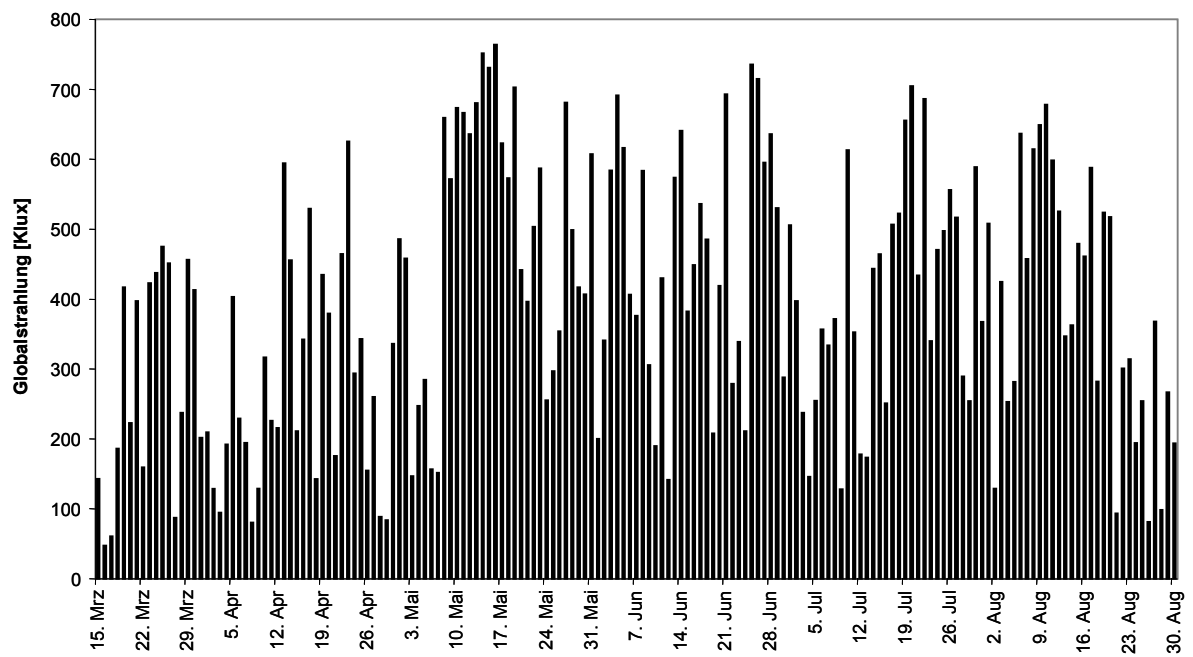
**Abb. A.13:** Wettermast BBA 1998: Lufttemperatur in 2 m Höhe (maximal, mittel, minimal) im Untersuchungszeitraum



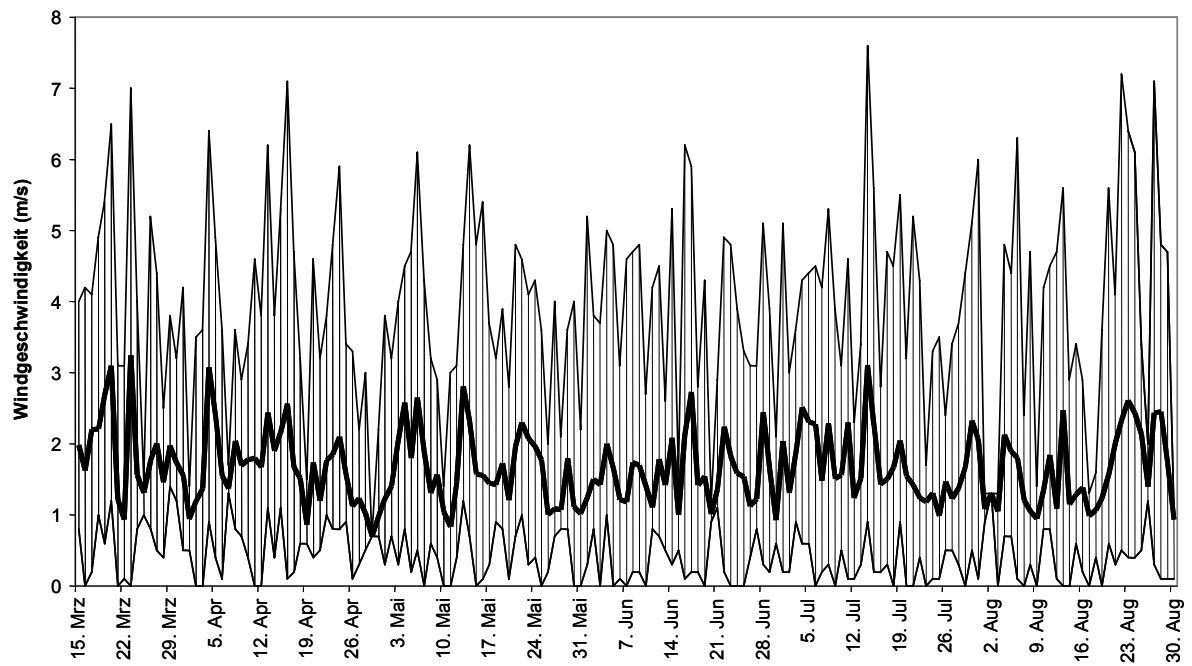
**Abb. A.14:** Wettermast BBA 1998: relative Luftfeuchtigkeit in 2 m Höhe (maximal, mittel, minimal) im Untersuchungszeitraum



**Abb. A.15:** Wettermast BBA 1998: tägliche Niederschlagssumme im Untersuchungszeitraum

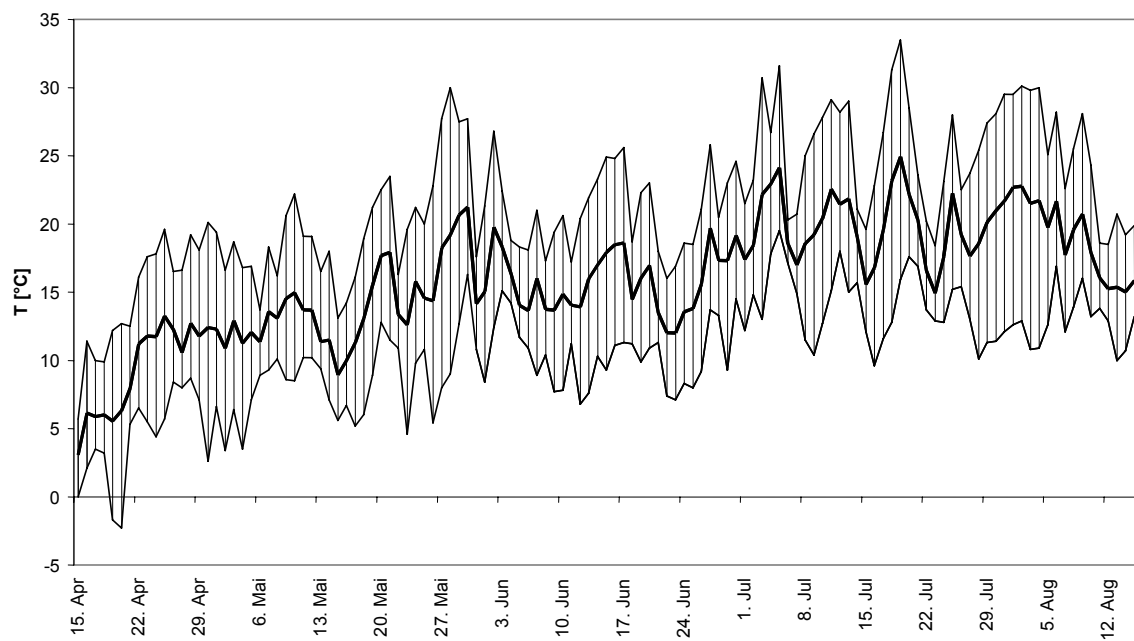


**Abb. A.16:** Wettermast BBA 1998: Globalstrahlung (tägliche Summe) im Untersuchungszeitraum



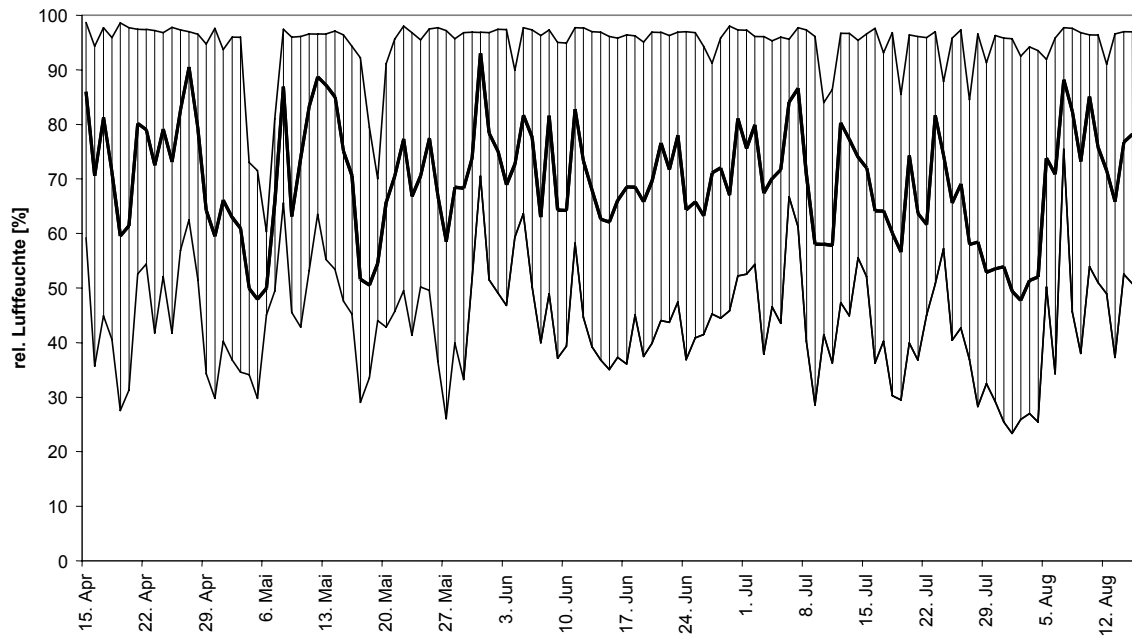
**Abb. A.17:** Wettermast BBA 1998: Windgeschwindigkeit (maximal, mittel, minimal) im Untersuchungszeitraum

#### 10.4.6 Wettermast 1999

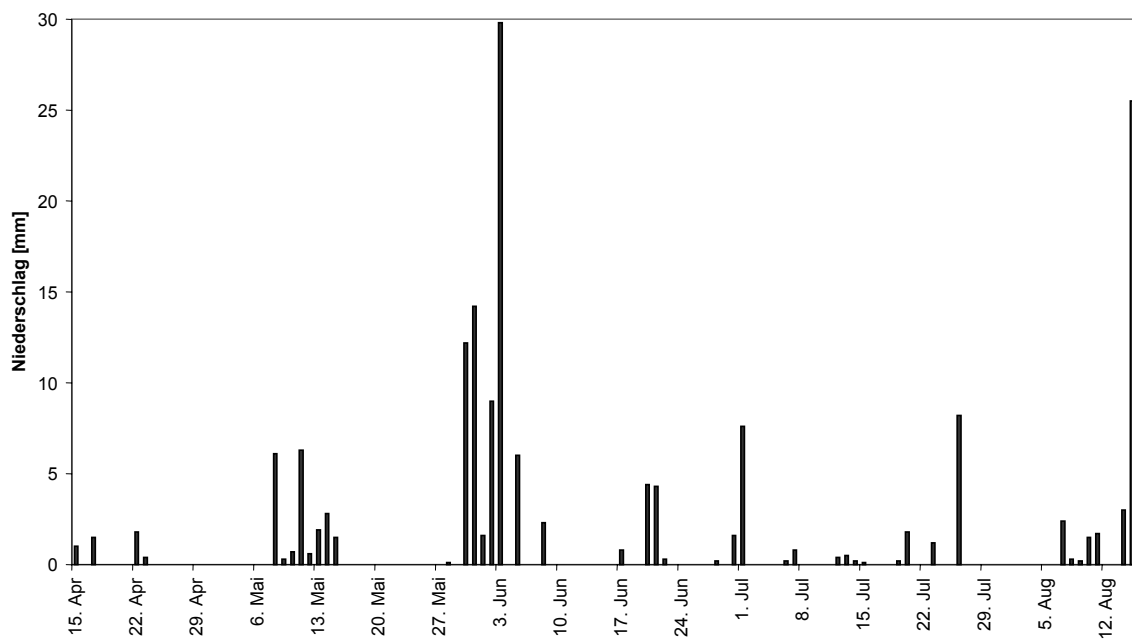


**Abb. A.18:** Wettermast BBA 1999: Lufttemperatur in 2 m Höhe (maximal, mittel, minimal) im Untersuchungszeitraum

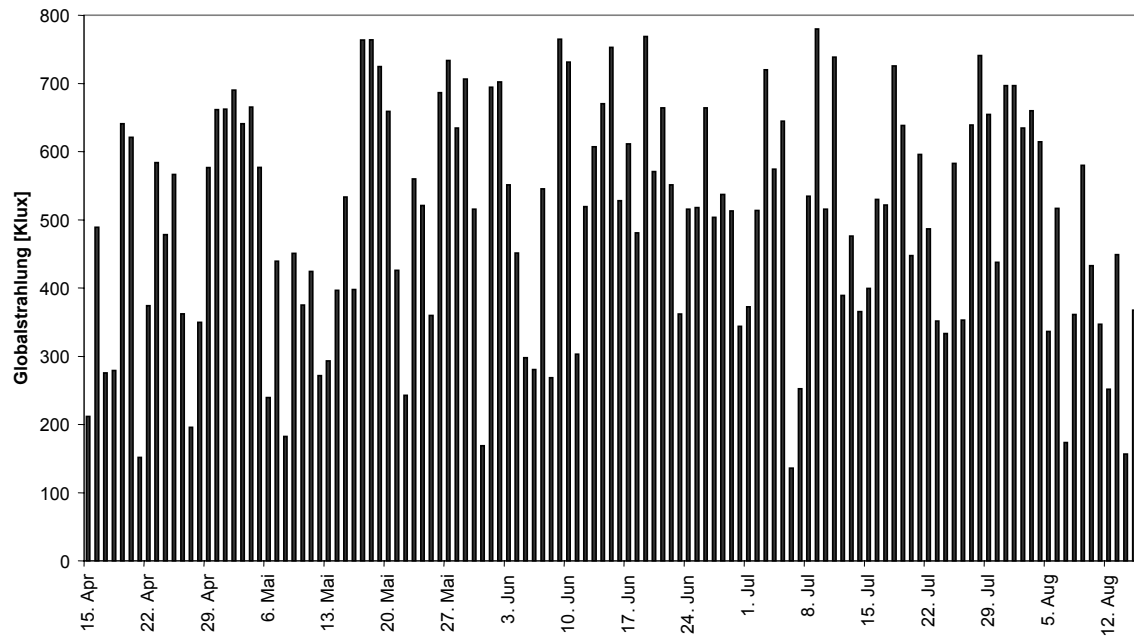




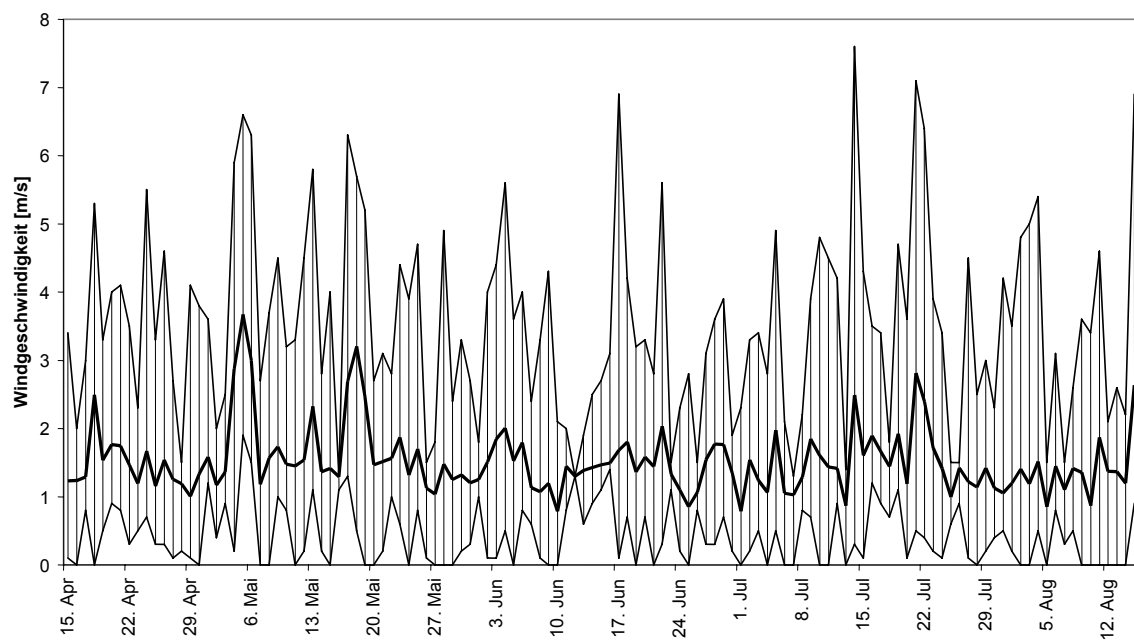
**Abb. A.19:** Wettermast BBA 1999: relative Luftfeuchtigkeit in 2 m Höhe (maximal, mittel, minimal) im Untersuchungszeitraum



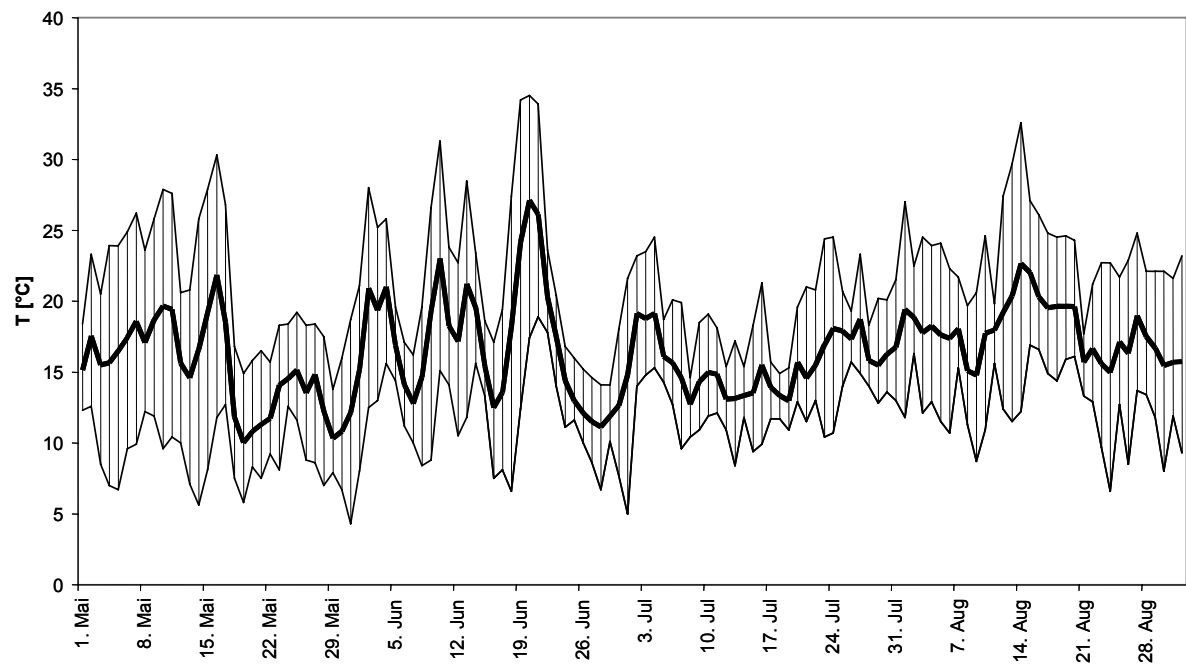
**Abb. A.20:** Wettermast BBA 1999: tägliche Niederschlagssumme im Untersuchungszeitraum



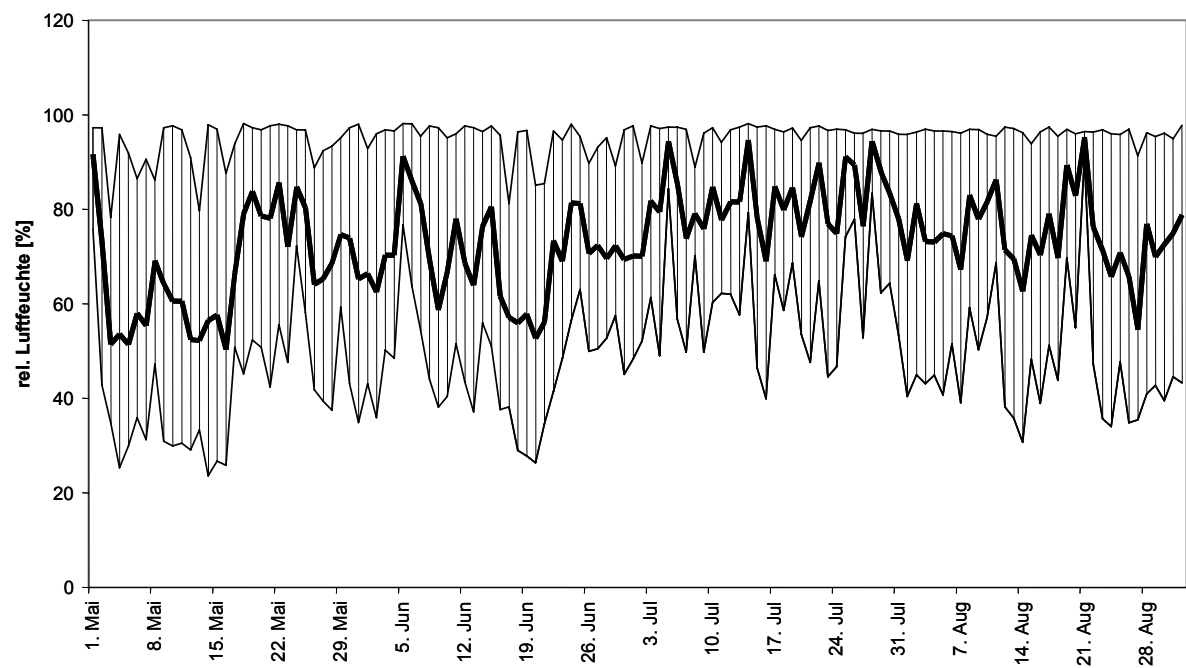
**Abb. A.21:** Wettermast BBA 1999: Globalstrahlung (tägliche Summe) im Untersuchungszeitraum



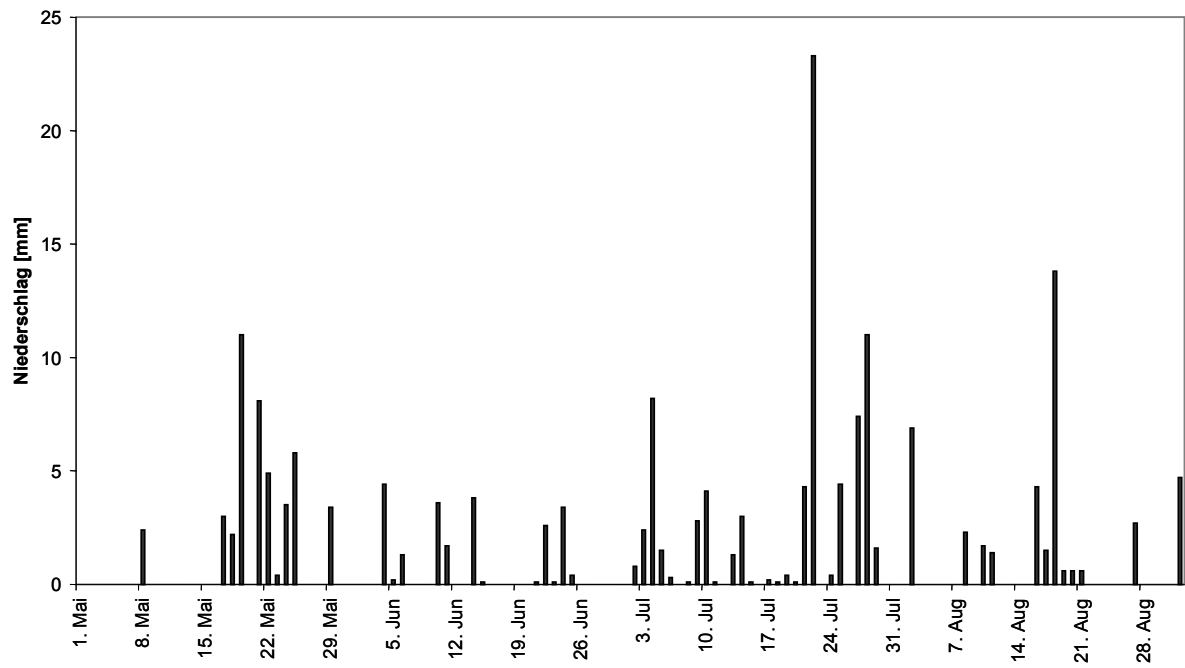
**Abb. A.22:** Wettermast BBA 1999: Windgeschwindigkeit (maximal, mittel, minimal) im Untersuchungszeitraum

**10.4.7 Wettermast 2000**

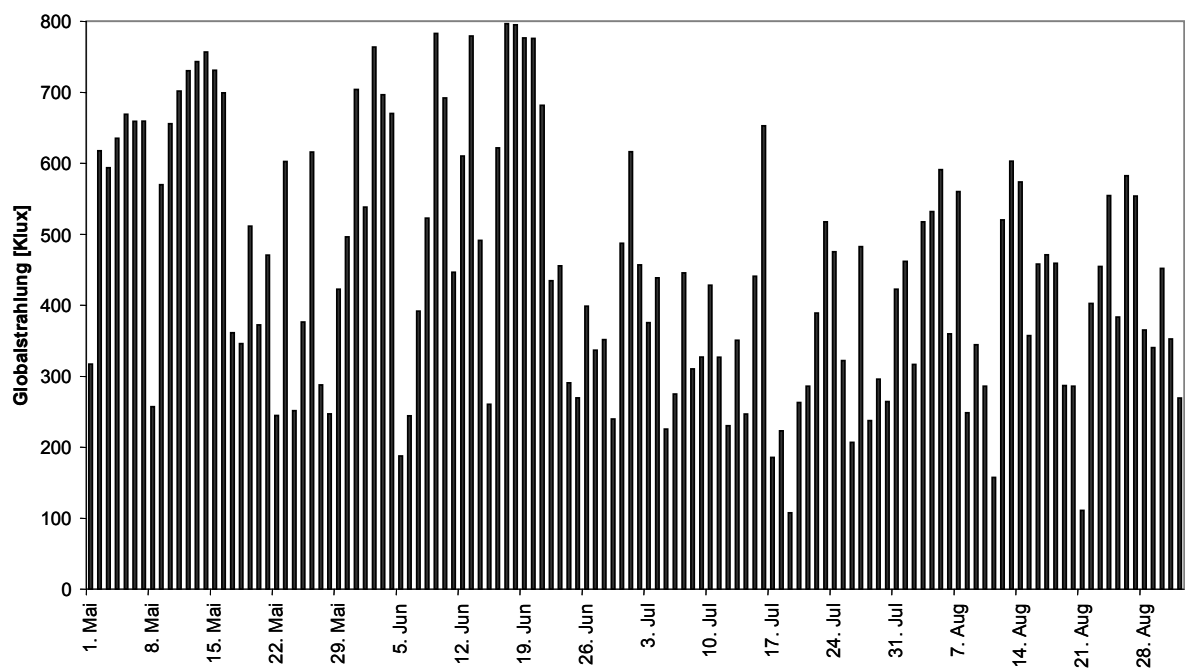
**Abb. A.23:** Wettermast BBA 2000: Lufttemperatur in 2 m Höhe (maximal, mittel, minimal) im Untersuchungszeitraum



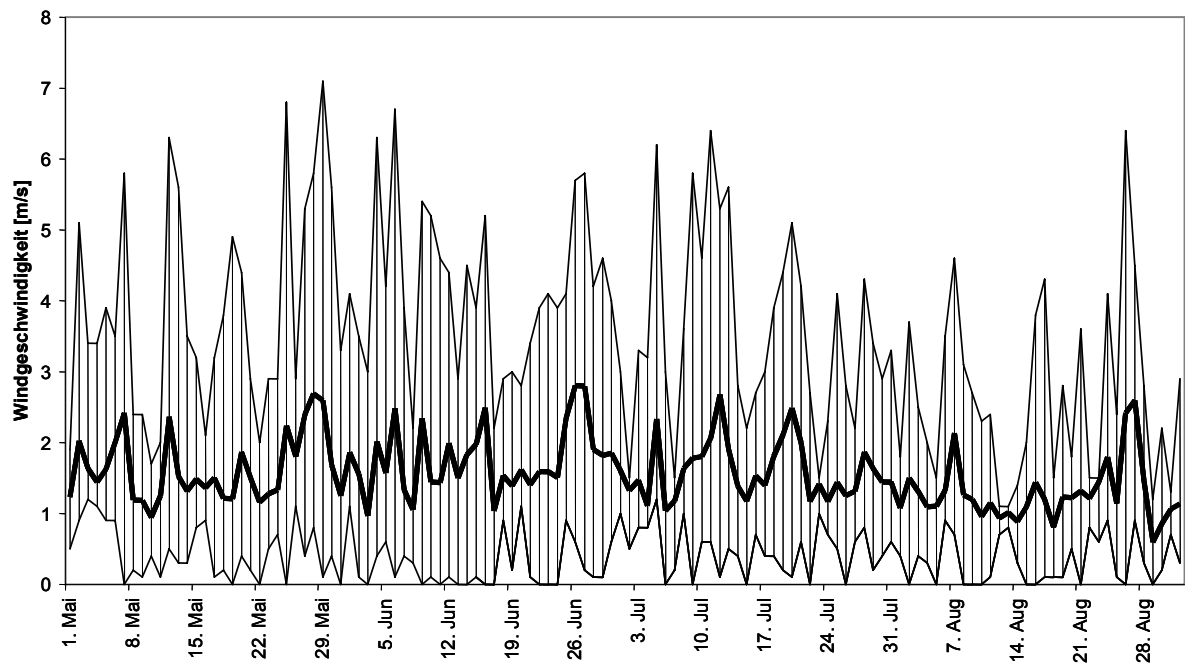
**Abb. A.24:** Wettermast BBA 2000: relative Luftfeuchtigkeit in 2 m Höhe (maximal, mittel, minimal) im Untersuchungszeitraum



**Abb. A.25:** Wettermast BBA 2000: tägliche Niederschlagssumme im Untersuchungszeitraum



**Abb. A.26:** Wettermast BBA 2000: Globalstrahlung (tägliche Summe) im Untersuchungszeitraum



**Abb. A.27:** Wettermast BBA 2000: Windgeschwindigkeit (maximal, mittel, minimal) im Untersuchungszeitraum

**Wochenberichte und Monatszusammenfassungen aus:**

Agrarmeteorologischer Wochenbericht für Schleswig-Holstein, Hamburg, Niedersachsen, Bremen und Mecklenburg-Vorpommern, herausgegeben vom Deutschen Wetterdienst, Geschäftsfeld Landwirtschaft, Außenstelle Schleswig

**Wochenberichte 1997**

- |                 |  |
|-----------------|--|
| 13.01.-19.01.97 | Von gelegentlichem geringfügigem Sprühregen abgesehen war es die Woche über im gesamten Bereich überwiegend niederschlagsfrei, vielfach sonnig und tagsüber meist recht mild, besonders am Sonntag kam es zeitweise zu Niederschlägen; Böden gefroren, Vegetationsruhe   |
| 27.01.-02.02.97 | Während der gesamten Woche ausgesprochen niederschlagsarm; im südlichen und mittleren Niedersachsen meist neblig-trüb, im nördlichen Niedersachsen herrschte vielfach sonniges Wetter vor; aufgrund es niedrigen Temperaturniveaus blieb die absolute Vegetationsruhe erhalten   |
| 03.02.-09.02.97 | Temperaturen deutlich höher als während der Vorwoche; tauvorgänge im Boden; bei den milden Temperaturen in der zweiten Wochenhälfte dürfte sich die Vegetationsruhe etwas gelockert haben; wegen des aber immer noch recht niedrigen Bodentemperaturniveaus waren nur begrenzte Wachstumsprozesse bei Winterroggen und einigen Wildpflanzen zu erwarten. |
| 17.02.-23.02.97 | Weitgehend unbeständig; wie schon in den Vorwochen blieb es weiterhin regnerisch, dabei deutlich milder als im langjährigen Mittel; bei allen Wintergetreidearten, beim Winterraps und auch bei vielen Wildpflanzen haben langsame Wachstumsprozesse begonnen  |
| 24.02.-02.03.97 | Auch in der letzten Woche blieb der Februar weiterhin mild und niederschlagsreich, am Wochenende Sonne; aufgrund es hohen Temperaturniveaus und es Sonnenschein waren bei Wintergetreide, Winterraps, Grünland und Wildpflanzen Wachstumsprozesse im Gange   |
| 03.03.-09.03.97 | Nur am Mittwoch und Donnerstag örtlich leichter Regen, sonst blieb es allgemein trocken bei reichlich Sonnenschein und sehr milder Witterung; bei der Grünlandtemperatursumme (nach Ernst und Loeper) wurde in der zweiten Wochenhälfte der Grenzwert von 200 Grad im raum Hannover erreicht   |
| 10.03.-16.03.97 | Überwiegend neblig-trüb, aber weiterhin niederschlagsarm; in großen Teilen Niedersachsens fand die Bestellung von leguminosen statt  |
| 17.03.-23.03.97 | Nass-kalte Witterung, nachts häufig Frost; das Wachstum der Winter- saaten verlangsamte sich oder kam teilweise auch zum Stillstand  |
| 24.03.-30.03.97 | An allen Tagen meist schauerartige Regenfälle; das Temperaturniveau lag wieder etwas höher als in den Vorwochen; Wachstums- und Entwick- lungsvorgänge kamen wieder in Gang  |
| 31.03.-06.04.97 | In der ersten Wochenhälfte allgemein trocken und mild mit viel Sonne, nachts weitgehend frostfrei; in der zweiten Wochenhälfte zurückgehende Temperaturen und Regenfälle; dadurch verlief die Pflanzenentwicklung verhältnismäßig langsam  |
| 07.04.-13.04.97 | Bis zum Donnerstag allgemein trocken und teilweise sonnig, besonders zum Wochenanfang Nachtfroste; am Freitag und Sonntag unbeständig; durch die verhältnismäßig kühle Witterung verlief die Pflanzen- entwicklung weiterhin recht schleppend; der phänologische Entwick- lungsstand lag nur noch wenige Tage früher als im langjährigen Mittel          |

21.04.-27.04.97	Am Wochenanfang leichter schauerartiger Regen im Wechsel mit viel Sonne, in der zweiten Wochenhälfte zunehmend wärmer
05.05.-11.05.97	Unbeständige und verhältnismäßig kühle Witterung
12.05.-18.05.97	Überwiegend trocken mit höchsten Tagestemperaturen zwischen 18 und 28 °C, am Pfingstwochenende Gewitter mit Regenfällen
19.05.-25.05.97	Bei überwiegend starker Bewölkung kam es wiederholt zu schauerartigen Niederschlägen; weiterhin für die Jahreszeit zu kühl
26.05.-01.06.97	Von einigen wenig ergiebigen Schauern abgesehen allgemein niederschlagsfrei, Trotz reichlich Sonnenschein war es verhältnismäßig kühl; die überwiegend sonnige Witterung war zwar für die Assimilationsprozesse günstig, die Pflanzenentwicklung verlief aber aufgrund der niedrigen Temperaturen verhältnismäßig langsam; alle Kulturen zeigten einen guten Pflanzenstand und das Aufkommen von tierischen Schaderregern war durch die kühle Witterung bedingt nur gering
09.06.-15.06.97	In der ersten Wochenhälfte vielfach sonnig und weitgehend trocken mit höchsten Tagestemperaturen zwischen 22 und 29 °C, danach Gewitter mit schauerartigen Regenfällen bei weiterhin hohen Temperaturen; das Aufkommen von bakteriellen, pilzlichen oder tierischen Schaderregern war weiterhin äußerst gering
16.06.-22.06.97	Bis zum Donnerstag weitgehend trocken bei mäßigen, nachts ausgesprochen kühlen Temperaturen, teilweise unter 5 °C, ab Freitag schauerartige Regenfälle und Gewitter; aufgrund des verhältnismäßig niedrigen Temperaturniveaus (Wochenmitteltemperaturen ca. 5 °C niedriger als in der Vorwoche) verlief die Pflanzenentwicklung nur langsam
23.06.-29.06.97	Schauerartige Regenfälle
30.06.-06.07.97	Schauerartige Regenfälle, teilweise ergiebig, vereinzelt als Hagel, dazwischen Sonne, mäßig warm
07.07.-13.07.97	Sommerlich warmes Wetter mit Sonne und nur leichter Bewölkung; <b>bemerkenswert ist der aus allen Regionen berichtete geringe Befall mit Läusen</b>
14.07.-20.07.97	Lebhafte Regen- und Gewittertätigkeit, dabei warm
21.07.-27.07.97	Mit einer Wochenmitteltemperatur von etwa 18 °C war es um 1 bis 2,5 °C wärmer als das vieljährige Mittel, teilweise gewitterartiger Regen
28.07.-03.08.97	Wenig Sonne, teilweise kräftige Gewitterschauer, feucht-milde Witterung
04.08.-10.08.97	hochsommerliche Witterung, trocken, zum Wochenende zunehmend wärmer bis auf 31 °C
11.08.-17.08.97	Allgemein trocken, sonnig und sehr warm, bis 32 °C, ganz vereinzelt gewittrige Schauer
18.08.-24.08.97	Hochsommerlich warm, sonnig und trocken mit gebietsweise schauerartigem Regen; Temperaturen bis 32 °C; teilweise Trockenschäden
25.08.-31.08.97	Stärkere Bewölkung und sehr warm mit Tagestemperaturen um 32 °C, teilweise aber ergiebige schauerartige Regenfälle
01.09.-07.09.97	Schauerartige Regenfälle, die vielfach nicht ergiebig waren, wechselhaft und allmählich auch kühler
22.09.-28.09.97	Die gesamte Woche über trocken, morgens vielfach Nebel oder Hochnebel, der sich örtlich den gesamten Tag über hielt; trockene Herbstwitterung
29.09.-05.10.97	Verhältnismäßig niederschlagsarm, wechselhaft, Regenfälle waren allerdings nicht ergiebig

06.10.-12.10.97	Regenfälle, die sich zum Wochenende verstärkten, begleitet von stürmischen Winden
13.10.-19.10.97	Zum Wochenbeginn zum Teil ergiebige Regenfälle, in der zweiten Wochenhälfte niederschlagsarm und zunehmend wärmer
20.10.-26.10.97	Besonders in der ersten Wochenhälfte sonnige und trockene Witterung, später zeitweise Regenfälle mit wenig Sonne
27.10.-02.11.97	Trocken und kalt, zum Wochenende strichweise leichte Niederschläge; erstaunlich sind nicht nur die für Ende Oktober recht strengen Nachtfröste, sondern auch die Tatsache, dass teilweise in 6 Nächten hintereinander Frost herrschte; damit war in dieser Woche , zumindest vorübergehend, Vegetationsruhe eingetreten
03.11.-09.11.97	Überwiegend sonnig und weitgehend trocken, zur Wochenmitte und am Sonntag Regenfälle; Anstieg des Temperaturniveaus; die zunächst herrschende Vegetationsruhe lockerte sich im Verlauf der Woche und es kam wieder zu Wachstumsvorgängen
10.11.-16.11.97	Zum Teil ergiebige Regenfälle; die Tagesmitteltemperaturen der Luft gingen im Laufe der Woche zurück, mit dem Temperaturrückgang verlangsamten sich die Wachstumsvorgänge oder kamen gebietsweise zum Stillstand
17.11.-23.11.97	Trotz der teilweise sonnigen Witterung herrschte aufgrund der niedrigen Tagesmitteltemperaturen der Luft und des Bodens allgemein Vegetationsruhe
24.11.-30.11.97	Bis in die zweite Wochenhälfte hinein allgemein ruhiges Spätherbstwetter, bei starker hochnebelartiger Bewölkung weitgehend niederschlagsfrei und nur vereinzelt Sonne, am Wochenende Regenfälle, ab Freitag stiegen die Tagesmitteltemperaturen, so konnte sich die Vegetationsruhe am Wochenende etwas lockern
01.12.-07.12.97	Vielfach bedeckt und kalt, nur vereinzelt geringfügige Niederschläge, am Samstag verbreitet teils ergiebige Regenfälle; aufgrund des niedrigen Temperaturniveaus herrschte den größten Teil der Woche über Vegetationsruhe, die jedoch zum Wochenende mit den ansteigenden Temperaturen wieder gelockert wurde
08.12.-14.12.97	Die zum Ende der Vorwoche eingeleitete milde Witterung setzte sich weiterhin fort, weitgehend unbeständig, bis auf Montag an allen Tagen teilweise recht ergiebige Regenfälle; aufgrund der milden Temperaturen kam es wieder zu schwachen Wachstumsvorgängen
15.12.-21.12.97	Frost mit teilweise ergiebigen Regenfällen, die verbreitet zu Glatteis führten
22.12.-28.12.97	Auch in diesem Jahr stellte sich zu Weihnachten pünktlich das „Weihnachtstauwetter“ ein; mit der sehr milden Witterung lockerte sich ab Weihnachten die Vegetationsruhe und es setzten allmählich schwache Wachstumsvorgänge ein



**Auswirkungen der Witterung in den einzelnen Monaten 1997 auf die Landwirtschaft**

Januar 1997	Trocken, kalt und sonnig
Februar 1997	Deutlich zu warm und zu feucht, Ende der Vegetationsruhe
März 1997	Nach dem bis um 4,5 °C zu warmen Februar erwies sich auch der März 1997 insgesamt als ein leicht zu warmer Monat. Dennoch erwies sich der März nur in der ersten Hälfte als deutlich zu mild. Besonders zwischen dem 16. und dem 25. stellte sich eine ausgesprochen kühle Witterungsphase ein.
Mai 1997	Vielfach erschien es, als sei der Mai zu kühl gewesen. Dies bezog sich sicher auf die zwei kühlen und im Vorfeld auch feuchten Witterungsabschnitte vom 6. bis 10. Mai und vom 20. bis 27. Mai. Dennoch zeigte der Mai 1997 im Vergleich zu den Mittelwerten des Zeitraums 1961-1990 in Niedersachsen durchweg normale Mitteltemperaturen.
Juni 1997	Anfangs sommerlich, später wechselhaft, allgemein guter Pflanzenstand
Juli 1997	Nach Hochsommerwetter ab Monatsmitte feucht-mild, behinderte Getreideernte
August 1997	Hochsommerlich, trockenes und sehr warmes Erntewetter
September 1997	Anfangs unbeständig, später sonnig und trocken
Oktober 1997	Sonnig, aber zu kalt
November 1997	Trocken, nur im östlichsten Niedersachsen zu feucht
Dezember 1997	Zu mild, besonders in Niedersachsen wenig Sonnenschein

**Wochenberichte 1998**

29.12.97-4.1.98	Mild mit leichten bis ergiebigen Regenfällen an allen Tagen; durch die milde Witterung blieb die Vegetationsruhe gelockert und die Winterungen hatten ihre Frostresistenz weitgehend verloren
05.01.-11.01.98	Feucht-mild; von Montag bis Donnerstag kam es an allen Tagen zu Regen oder Schauern; am Wochenende überwiegend sonnig und allgemein trocken
12.01.-18.01.98	Aufgrund der anhaltend milden Witterung (Tagesmitteltemperaturen deutlich über 5°C) kam es bei gelockerter Vegetationsruhe zu schwachen Wachstumsvorgängen bei Wildpflanzen
19.01.-25.01.98	Zunächst mild ohne Nachtfrost mit Regen oder Schauern; ab Wochenmitte deutlich kälter und trocken
26.01.-01.02.98	Nächtliche Fröste und starker Dauerfrost am Wochenende mit sonnig-trockenem, nachts klarem Wetter; absolute Vegetationsruhe
09.02.-15.02.98	Vielfach sonnig und trocken; durch das außergewöhnlich hohe Temperaturniveau der Luft und in der Krume war die Vegetationsruhe allgemein gelockert und es kam besonders bei Wildpflanzen zu schwachen Wachstumsvorgängen
23.02.-01.03.98	In der ersten Wochenhälfte wechselhaft und mild, zum Wochenende zunehmender Temperaturrückgang, so dass die Niederschläge zunächst als Regen fielen, später in Graupel und Schnee übergingen; aufgrund der zunächst deutlich über der Wachstumsschwelle liegenden Tagesmittel-

	temperaturen und der verhältnismäßig warmen Böden fanden bis zum Wochenende Wachstumsvorgänge statt
02.03.-08.03.98	Ergiebige Regenfälle und ungewöhnlich mild
09.03.-15.03.98	Vereinzelte schauerartiger, wenig ergiebiger Regen bei für die Jahreszeit normalen mittleren Temperaturen von 3-4°C; da die Tagesmitteltemperaturen bis zum Wochenende unter dem Wachstumsschwellenwert von 5°C lagen, kam die Pflanzenentwicklung teilweise zum Stillstand bzw. lief sehr langsam ab
16.03.-22.03.98	Bei überwiegend starker Bewölkung weitgehend trocken, in der ersten Wochenhälfte milde Temperaturen, da die Tagesmitteltemperaturen in der zweiten Wochenhälfte meist unter dem Wachstumsschwellenwert lagen, kam die Pflanzenentwicklung nur langsam voran
23.03.-29.03.98	Zu Wochenbeginn niederschlagsfrei, aber noch relativ kühl bei 5-7°C, in der zweiten Wochenhälfte deutlich milder bei 11-14°C, Sonntag 18-21°C
06.04.-12.04.98	Regnerisch und verhältnismäßig kühl
13.04.-19.04.98	Wechselhaft, kühl und hohe Bodenfeuchte
20.04.-26.04.98	Mild, wechselhaft und Beginn der Hauptwachstumszeit
27.04.-03.05.98	Besonders anfangs niederschlagsreich, nach Wochenmitte wärmer
04.05.-10.05.98	Anfangs wolkelig und wechselhaft, ab Freitag sonnig und sommerlich warm
11.05.-17.05.98	Viel Sonne, meist nur mäßig warm und weitgehend trocken
18.05.-24.05.98	Anfangs freundlich und warm, später kühl und leicht wechselhaft
25.05.-31.05.98	Wechselhaft und mäßig warm
01.06.-07.06.98	Zum Teil sehr warm, meist sonnenscheinreich, häufige, teils ergiebige Schauer
08.06.-14.06.98	Unbeständig und kühl
15.06.-21.06.98	Wechselhaft und kühl, am Wochenende freundlich und sommerlich warm
22.06.-28.06.98	Meist mäßig warm, besonders im Westteil häufig Schauer
29.06.-05.07.98	Wechselhaft und kühl
06.07.-12.07.98	Zeitweise merklich zu kühl, häufige Niederschläge
13.07.-19.07.98	Etwas wärmer als in der Vorwoche, aber wenig Sonne und wiederholt Regen
20.07.-26.07.98	Spürbar wärmeres Sommerwetter mit teils sonnigem Erntewetter
27.07.-02.08.98	Regnerisch, sonnenscheinarm und kühl
03.08.-09.08.98	Allmähliche Erwärmung und merklich nachlassende Niederschlags-tätigkeit
10.08.-16.08.98	Anfangs sonnig und hochsommerlich warm, ab Donnerstag kühler und leicht wechselhaft
17.08.-23.08.98	Anfangs trocken und relativ warm, ab 21. häufig Niederschlag und Abkühlung
24.08.-30.08.98	Regnerisch und deutlich zu kühl
31.08.-06.09.98	Relativ warm, insbesondere in Niedersachsen häufig Niederschlag
07.09.-13.09.98	Überwiegend unbeständig, z.T. schauerartig verstärkte Niederschläge
14.09.-20.09.98	Relativ kühl, wenig Sonne, anfangs teils ergiebiger Niederschlag
21.09.-27.09.98	Ruhiges Herbstwetter, dabei mild und niederschlagsarm
05.10.-11.10.98	Zu kalt, kaum Sonne, besonders im Westen viel Niederschlag
12.10.-18.10.98	Meist etwas zu warm, nahezu täglich Niederschlag, nur zeitweise Sonne
19.10.-25.10.98	In ganz Norddeutschland zu nass, zu mild und zeitweise recht windig

26.10.-01.11.98	In ganz Norddeutschland deutlich zu nass, stürmisch und etwas zu kalt
02.11.-08.11.98	Wiederum zu nass, langsam zurückgehende Temperaturen
09.11.-15.11.98	Weiterhin regnerisch, dabei meist etwas zu kühl und zu wenig Sonne
30.11.-06.12.98	Winterlich kalt, absolute Vegetationsruhe
07.12.-13.12.98	Deutlich zu kalt und vielfach trocken, ab 12. Tauwetter und Regen
14.12.-20.12.98	Zu warm, mehrfach Regen und nur an wenigen Tagen Sonne
21.12.-27.12.98	Anfangs leichter Frost, später deutlich milder und regnerisch

### **Auswirkungen der Witterung in den einzelnen Monaten 1998 auf die Landwirtschaft**

Januar 1998	Deutlich zu mild
Februar 1998	Weiterhin deutlich zu mild, weit fortgeschrittene Pflanzenentwicklung
März 1998	Wiederum deutlich zu mild
April 1998	April als 5. Monat in Folge zu mild mit einer deutlich positiven Wasserbilanz (deutlicher Niederschlagsüberschuss)
Mai 1998	Nochmals warm, insgesamt zu trocken
Juni 1998	Größtenteils zu niederschlagsreich, geringfügig zu mild
Juli 1998	Insgesamt etwas zu kühl und zu feucht mit erheblichen Erntebehinderungen
August 1998	Allgemein etwas zu kühl, im nördlichen und östlichen Norddeutschland zu nass
September 1998	Insgesamt temperaturnormal, sonnenscheinarm und gebietsweise zu nass
Oktober 1998	Deutlich zu nass und etwas zu kühl
November 1998	Insgesamt merklich zu kalt, sonnenschein- und niederschlagsnormal
Dezember 1998	Nach erheblich zu kalter 1. Dekade zu warm, sonnenscheinreich und niederschlagsnormal

### **Wochenberichte 1999**

28.12.98-3.1.99	Verhältnismäßig mild, niederschlagsarm und sonnenscheinreich
04.01.-10.01.99	Anfangs sehr mild und regnerisch, zum Wochenende wieder winterlich
11.01.-17.01.99	Anfangs winterlich, nach Wochenmitte spürbare Milderung, wenig Sonne
18.01.-24.01.99	Deutlich zu warm, zeitweise heiter, vor allem in Schleswig-Holstein häufig Regen
25.01.-31.01.99	Anfangs mild und Regen, später vorübergehend winterlich
01.02.-07.02.99	Zu warm, vielfach wenig Sonne, Niederschläge meist als Regen
08.02.-14.02.99	Winterlich kalt, verhältnismäßig trocken und vielfach sonnig
15.02.-21.02.99	Verhältnismäßig mild, aber deutlich zu nass
22.02.-28.02.99	Anfangs kalt mit Schneeschauern, später deutlich milder mit Regen
01.03.-07.03.99	Meist zu warm, vielfach wenig Sonne und niederschlagsreich
08.03.-14.03.99	Beginn der Vegetation und der Feldarbeiten
15.03.-21.03.99	Verbreitet Vegetationsbeginn, Frühjahrsbestellung in allen Bereichen Norddeutschlands
22.03.-28.03.99	Zunehmend wärmer und sonnenscheinreich, Bodenabtrocknung
29.03.-04.04.99	Überwiegend trocken, dabei meist sonnig und frühlingshaft warm

05.04.-11.04.99	Trotz geringen Sonnenangebots recht mild, dabei normale Niederschlagsmengen
12.04.-18.04.99	Recht kühl, zeitweise sonnenscheinreich, besonders anfangs regnerisch
19.04.-25.04.99	Vielfach sonnig, allmählich wärmer und gelegentlich Regen
26.04.-02.05.99	Sonnig, trocken, aber nur mäßig warm
03.05.-09.05.99	Anfangs trocken, später Regen, vielfach sonnig, aber nur mäßig warm
10.05.-16.05.99	Nach warmem Wochenbeginn Abkühlung, relativ wenig Sonne, bis Freitag häufig Regen
17.05.-23.05.99	Verhältnismäßig warm, vielfach sonnig und niederschlagsarm
24.05.-30.05.99	Warm und sonnig
31.05.-06.06.99	Bei annähernd normalen Temperaturen etwas zu feucht
07.06.-13.06.99	Verhältnismäßig kühl und besonders im Norden regnerisch
14.06.-20.06.99	Bei normalen Temperaturen sonnenreich und zu trocken
21.06.-27.06.99	Für die Jahreszeit zu kalt, aber sonnenscheinreich und zu trocken
28.06.-04.07.99	Sommerlich warm, aber unbeständig
05.07.-11.07.99	Recht sonnig, sommerlich warm und deutlich zu trocken mit Dürrefolgen und Erntebeginn
12.07.-18.07.99	Meist merklich zu warm, sonnenscheinreich und zeitweise Schauer, kleinräumig ergiebig
19.07.-25.07.99	Weiterhin sommerlich warm, mehrfach Gewitterregen und dennoch meist zu trocken
26.07.-01.08.99	Anfangs wolzig, später hochsommerlich warm und trocken
02.08.-08.08.99	Hochsommerlich warm, anfangs trocken, zum Wochenende hin Regen
09.08.-15.08.99	Nur mäßig warm, sonnenscheinarm und zeitweise Regen
16.08.-22.08.99	Vielfach wolzig, unbeständig und verhältnismäßig kühl
23.08.-29.08.99	Recht warm, zeitweise viel Sonne und an den meisten Tagen niederschlagsfrei
30.08.-05.09.99	Spätsommerlich warm, nur zu Wochenbeginn leicht unbeständig
06.09.-12.09.99	Für die Jahreszeit deutlich zu warm, sehr viel Sonne und vielfach trocken
13.09.-19.09.99	Weiterhin spätsommerlich warm, anfangs trocken, später leicht wechselhaft
20.09.-26.09.99	Anhaltend zu warm, etwas weniger Sonne als zuletzt, leicht verbesserte Wasserversorgung
27.09.-02.10.99	Unbeständig und allmählich kühler
04.10.-10.10.99	Wie in der Vorwoche herbstlich unbeständig mit nur geringer Sonnenscheindauer
11.10.-17.10.99	Im Wochenverlauf Abkühlung und Frühfröste, aber sonnenscheinreich und wenig Niederschlag
18.10.-24.10.99	Zunächst Nachfröste, 2. Wochenhälfte mild mit erneutem Wachstum
25.10.-31.10.99	Recht mild mit geringen Niederschlägen
01.11.-07.11.99	Mild, sonnig und niederschlagsarm
08.11.-14.11.99	Verhältnismäßig kühl, niederschlagsarm und gebietsweise sonnig
15.11.-21.11.99	Unbeständig und verhältnismäßig kalt
22.11.-28.11.99	Nach kaltem Beginn merkliche Erwärmung, meist wenig Sonne, besonders im Norden zeitweise Regen
29.11.-05.12.99	Mild, regnerisch und meist nur wenig Sonnenschein
06.12.-12.12.99	Regnerisch, weiterhin zu mild und zeitweise stürmisch

13.12.-19.12.99	Meist etwas zu kalt, gebietsweise sonnenscheinreich, verbreitet zu nass, gebietsweise dünne Schneedecke
20.12.-26.12.99	Normales Temperaturniveau, etwas Niederschlagsüberschuss, aber reichlich Sonnenschein

### **Auswirkungen der Witterung in den einzelnen Monaten 1999 auf die Landwirtschaft**

Januar 1999	Wesentlich zu warm, sonnenscheinreich und verbreitet niederschlagsnormal
Februar 1999	Etwas zu warm, sonnenscheinnormal und vielfach zu nass
März 1999	Zu warm, verbreitet sonnenscheinnormal und gebietsweise zu nass
April 1999	Zu warm, sonnenschein- und niederschlagsnormal
Mai 1999	Zu warm, vielfach strahlungsreich und etwas zu trocken
Juni 1999	Etwas kühler, gebietsweise sonnenreicher und trockener als normal
Juli 1999	Allgemein zu warm, strahlungsreich und niederschlagsarm
August 1999	Leicht zu warm, durchschnittliches Sonnenangebot, örtlich erhöhte Niederschläge
September 1999	Außergewöhnlich warm und strahlungsreich, ab Monatsmitte verstärkt Niederschlag
Oktober 1999	Mit reichlich Sonnenschein, normalen Temperaturen und etwas zu wenig Regen
November 1999	Meist temperaturnormal, gebietsweise sonnenscheinreich und merklich zu trocken

### **Wochenberichte 2000**

27.12.99-2.1.00	Verhältnismäßig mild und wiederholt schwache Niederschläge
03.01.-09.01.00	Merklich zu warm, verbreitet sonnenscheinreich, bis Wochenmitte regnerisch
17.01.-23.01.00	Überwiegend mild und leicht unbeständig
24.01.-30.01.00	Anfangs winterlich kalt, ab Wochenmitte zunehmend mild, regnerisch und windig
31.01.-06.02.00	Bei annähernd normaler Niederschlagstätigkeit deutlich zu warm
07.02.-13.02.00	Wiederum zu mild und zu niederschlagsreich
14.02.-20.02.00	Unbeständig und mild
21.02.-27.02.00	Reichlich Sonnenschein und weiterhin mild
28.02.-05.03.00	Weiterhin relativ mild, häufig Niederschlag, am Wochenende nochmals Vegetationsruhe
06.03.-12.03.00	Mild, regnerisch und wenig Sonnenschein
13.03.-19.03.00	zu feucht, nicht ausreichend sonnig, allgemein mild
20.03.-26.03.00	Mild und überwiegend trocken, erst am Wochenende regnerisch
27.03.-02.04.00	Sonnenscheinarm und zeitweise relativ kühl, wenig Niederschlag, weiterhin verzögertes Wachstum
03.04.-09.04.00	Überwiegend sonnenscheinreich, nur wenig milder als üblich, aber deutlich trockener
10.04.-16.04.00	Häufige Spätfröste, gebietsweise sonnenscheinarm, weiterhin verzögertes Wachstum

17.04.-23.04.00	Sehr mild, zeitweise wechselhaft
24.04.-30.04.00	Ungewöhnlich warm, sonnenscheinreich und wenig Regen, merkliche Wachstumsbeschleunigung
01.05.-07.05.00	Hochsommerlich warm und sehr sonnig, nur anfangs örtlich etwas Regen
08.05.-14.05.00	Ungewöhnlich warm, außerordentlich sonnenscheinreich und vielerorts trocken
15.05.-21.05.00	Anfangs sehr warm und trocken, nach Wochenmitte wechselhaft und deutlich kühler
22.05.-28.05.00	Insgesamt wechselhaft, bei geringer Sonnenscheindauer geringfügig zu mild
29.05.-04.06.00	Nur gebietsweise nennenswerter Regen, keine stärkere Belastung des Wasserhaushaltes
12.06.-18.06.00	Weiterhin überwiegend sonnenreich und zu trocken
19.06.-25.06.00	Anfangs sehr warm und trocken, ab Donnerstag merklich kühler und wiederholt Schauer
26.06.-02.07.00	Kühl, sonnenscheinarm und besonders im Norden recht wechselhaft
03.07.-09.07.00	Zu kühl, recht wolkenreich und stellenweise deutlicher Niederschlagsüberschuss
10.07.-16.07.00	Ungewöhnlich kühl, sonnenscheinarm und häufig Regen
17.07.-23.07.00	Kühl, wenig Sonnenschein, unbeständig und Behinderung der Erntearbeiten
24.07.-30.07.00	Relativ kühl, wenig Sonne und häufiger, teils ergiebiger Regen, erhebliche Störungen der Ernte
31.07.-06.08.00	Wechselhaft, wenig Sonne, recht kühl und daher weiterhin Erntehinderungen
07.08.-13.08.00	Wärmer und mehr Sonne als zuletzt, vorzugsweise am Wochenende gute Erntebedingungen
14.08.-20.08.00	Insgesamt etwas wärmer als zuvor, aber gebietsweise zu wenig Sonne
21.08.-27.08.00	Normal temperiert, reichlich Sonne und wenig Niederschlag, meist gute Erntebedingungen
28.08.-03.09.00	Kühler, sonnenarmer, jedoch in wenigen Bereichen deutlich zu nasser August
04.09.-10.09.00	Unbeständig und wenig Sonnenschein
11.09.-17.09.00	Trotz geringen Sonnenscheinangebots verbreitet mild
18.09.-24.09.00	Sonnig und überwiegend trocken, dabei aber recht kühl
25.09.-01.10.00	Übernormales Wärme- und Strahlungsangebot, anfangs hier und da Störungen der Feldarbeiten
02.10.-08.10.00	Bei annähernd normalen Temperaturen meist niederschlagsarm
09.10.-15.10.00	Ernte- und Bestellarbeiten vielfach durch Regen und Bodennässe behindert
16.10.-22.10.00	Meist ruhiges Herbstwetter mit übernormalem Wärmeangebot, kaum Störungen der Feldarbeiten
23.10.-29.10.00	Merklich zu warm, besonders im Norden verbreitet Regen und Behinderung der Feldarbeiten
30.10.-05.11.00	Mild und unbeständig, aber vielfach auch sonnenscheinreich
06.11.-12.11.00	Weiterhin deutlich zu mild mit gebietsweise recht geringer Sonnenscheindauer
13.11.-19.11.00	Weiterhin zu mild

20.11.-26.11.00	Vielfach recht sonnig und allgemein weiterhin zu mild
27.11.-03.12.00	Weiterhin merklich zu warm, aber wenig Sonne, für die Jahreszeit ungewöhnliches Wachstum
04.12.-10.12.00	Sehr mild, vielfach sonnig und noch kein Ende der Wachstumsperiode
11.12.-17.12.00	Trotz zu geringer Sonnenscheindauer wiederum sehr mild und regenreich
18.12.-24.12.00	Deutlich kälter, winterlich
25.12.-31.12.00	Merklich zu kalt, Schneedecke, kaum Frostschäden

#### **Auswirkungen der Witterung in den einzelnen Monaten 2000 auf die Landwirtschaft**

Januar 2000	Zu warm, sonnenscheinreich und gebietsweise etwas zu trocken
Februar 2000	Insgesamt deutlich zu warm, regenreich, ohne nennenswerte Schneedecke
März 2000	Zu warm, sonnenscheinarm und verbreitet zu nass
April 2000	Merklich zu warm und zu trocken, gebietsweise sonnenscheinreich
Juni 2000	Meist temperatur- und sonnenscheinnormal, vielerorts zu trocken
Juli 2000	Zu kalt und außerordentlich sonnenscheinarm, gebietsweise zu nass
August 2000	Temperaturnormal, vielfach sonnenscheinarm und im Norden zu trocken
September 2000	Meist etwas zu warm, sonnenscheinarm und vielerorts zu nass
Oktober 2000	Zu warm, sonnenscheinnormal und vielerorts etwas zu trocken
November 2000	Auch November zu warm, sonnenscheinnormal und merklich zu trocken
Dezember 2000	Allgemein deutlich zu mild und vielerorts spürbar zu trocken





## 11 LEBENS LAUF

Name: Christa Eggers, geb. Langenstück

Familienstand: verheiratet mit Dr. Thomas Ols Eggers

Kinder: Thomas Niels (geb. 23.08.1999),  
Annika (geb. 14.10.2001) und  
Mia Malin (geb. 25.12.2008)

Anschrift: Netzeweg 44, 38108 Braunschweig

Geburtsdatum: 14. Februar 1968

Geburtsort: Hilden / Rheinland

Staatsangehörigkeit: deutsch

Schul Ausbildung: 1974 - 1978 Grundschule in Duisburg  
1978 - 1980 Gymnasium Stadtmitte in Duisburg  
1980 - 1985 Wilhelmgymnasium in Braunschweig  
1985 - 1988 Jugenddorf-Christophorus-Schule in  
Braunschweig

Schulabschluss: Abitur an der Jugenddorf-Christophorus-Schule im Mai 1988

Berufsausbildung: 1988 - 1990 Besuch der Chemie-, Pharmazie- und Biologie-  
Schule Dr. Heinemann in Braunschweig, Abschluss als  
Biologisch-technische Assistentin im August 1990

weitere Tätigkeiten: Zeitvertrag bei der Lebenshilfe Braunschweig vom 10.10.90  
bis 31.01.91;  
  
Praktikum bei der Biologischen Bundesanstalt für Land- und  
Forstwirtschaft (BBA) vom 21.01.91 bis 31.03.91 - Mitarbeit  
an einem Forschungsauftrag vom 31.03.91 bis 31.08.91 zur  
„Bestimmung der Wirkungen verschiedener Bodenbear-  
beitungsformen in Zuckerrüben (Direktsaat und Aussaat mit  
Bodenbearbeitung, mit Zwischenfrüchten bzw. ohne  
Zwischenfrüchte)“

Studium: Beginn des Biologie (Diplom)-Studiums an der TU  
Braunschweig zum Wintersemester 1991/92: 01.10.91;  
mündl. Diplom-Prüfung: 22.08.96; Ökologie, Zoologie,  
Botanik  
  
Beginn der Diplom-Arbeit: 16.09.96 in der Biologischen  
Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für  
Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Labor Dr.  
Heimbach  
  
Abschluss der Diplom-Arbeit: 07.11.97: Beitrag zur Biologie  
der Canthariden-Larven auf Ackerflächen in SO-  
Niedersachsen. - Diplomarbeit, Zoologisches Institut, TU  
Braunschweig, 125 pp., Braunschweig

- 1997- 2000: wissenschaftliche Angestellte am Zoologischen Institut der TU Braunschweig. Mitarbeit im Projekt „Untersuchungen zur Reduzierung des Blattlausbefalls durch Mulchsaatverfahren in ackerbaulichen Kulturen mit Lückenindikation (Ackerbohne und Lupine)“; durchgeführt am Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig
- 2000-2002: Volontariat am Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig
- 2000-2004: Erziehungszeit der Kinder Thomas Niels und Annika
- Oktober 2004 - 2008: Fortsetzung der Promotion am Zoologischen Institut der TU Braunschweig
- Frühjahr bis Sommer 2006: wissenschaftliche Hilfskraft am Zoologischen Institut der TU Braunschweig; Betreuung von Praktika bzw. Übungen
- Herbst 2006: wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Geoökologie der TU Braunschweig - Umweltsystemanalyse. Mitarbeit im Projekt: „Faunistisch-ökologische Untersuchungen zur Ermittlung der Wirkung von Habitatstrukturen auf Makrozoobenthosorganismen und Laufkäfer in der Elbe“ im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
- Sommer 2007: wissenschaftliche Hilfskraft am Zoologischen Institut der TU Braunschweig; Betreuung von Praktika bzw. Übungen
- Frühjahr 2008: wissenschaftliche Hilfskraft am Zoologischen Institut der TU Braunschweig; Betreuung von Praktika bzw. Übungen
- ab Dezember 2008: Elternzeit für Mia Malin
- Sommer / Herbst 2009: wissenschaftliche Hilfskraft am Zoologischen Institut der TU Braunschweig; Betreuung von Praktika bzw. Übungen / Determination aquatischer Makroinvertebraten aus Madagaskar

## **Publikationen (allgemeiner Art)**

### **Wissenschaftliche Publikationen**

LANGENSTÜCK, C., U. HEIMBACH & O. LARINK (1998): Larven der Cantharidae (Insecta: Coleoptera) auf Ackerflächen in SO-Niedersachsen und Aspekte ihrer Biologie. - Braunschweiger naturkundliche Schriften 5: 551-568, Braunschweig

LANGENSTÜCK, C., U. HEIMBACH & O. LARINK (1998): Untersuchungen zur Biologie von Weichkäfer-Larven (Coleoptera: Cantharidae). - Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft 357: 350, Berlin

### **Tagungsbeiträge**

LANGENSTÜCK, C., U. HEIMBACH & O. LARINK (1998): Untersuchungen zur Biologie von Weichkäfer-Larven (Coleoptera: Cantharidae). - Poster, 51. Deutsche Pflanzenschutztagung (Halle / Saale)

LANGENSTÜCK, C., U. HEIMBACH & O. LARINK (1997): Untersuchungen zur Biologie von Canthariden-Larven (Coleoptera: Cantharidae). - Poster, Entomologentagung 1997 (Bayreuth)